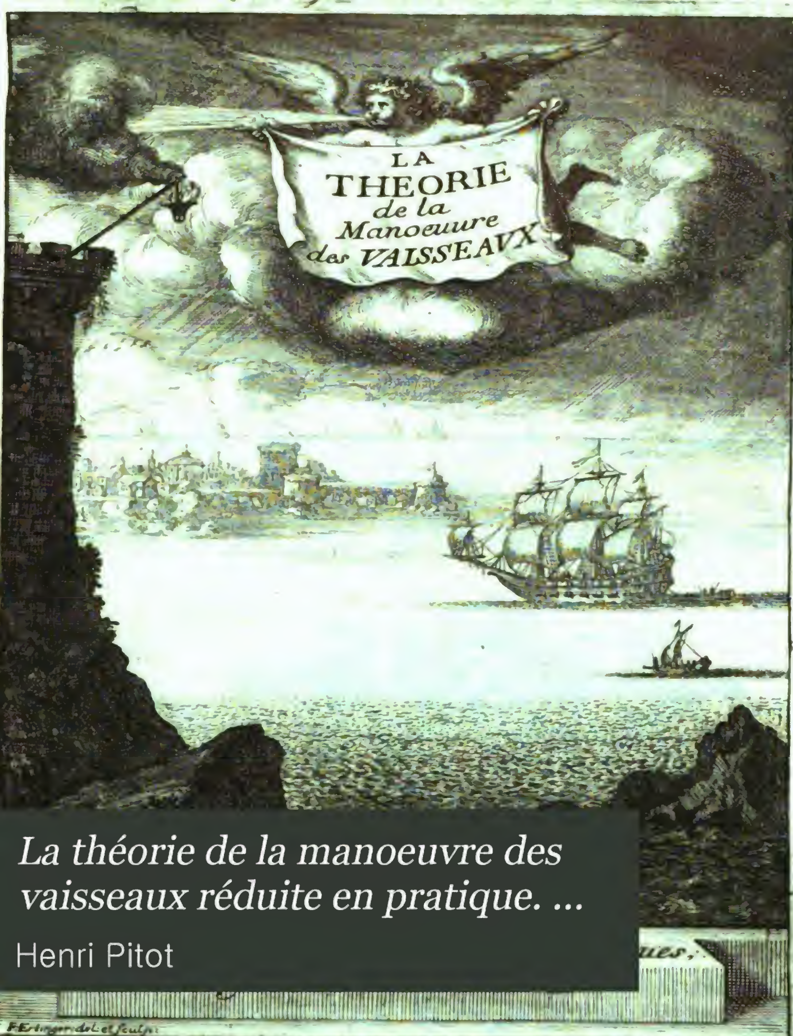


La théorie de la manoeuvre des vaisseaux réduite en pratique. ...
Henri Pitot

Math. 477


UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK GENT

900000067019

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

LA THEORIE
DE LA MANOEUVRE
DES
VAISSEAUX,
REDUITE EN PRATIQUE.
OU

LES PRINCIPES ET LES REGLES, pour Naviguer le plus avantageusement qu'il est possible.

Par M. PITOT *de l'Academie Royale des Sciences.*



A PARIS RUE S. JACQUES,
Chez CLAUDE JOMBERT, au coin de la ruë des Mathurins, à l'Image Nôtre-Dame.

M. DCC. XXXI.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.



Digitized by Google

Digitized by Google



A

MONSEIGNEUR
LE COMTE
DE MAUREPAS,
MINISTRE ET SECRETAIRE D'ETAT,
COMMANDEUR DES ORDRES
DE SA MAJESTÉ.

ONSEIGNEUR,

L'importance de la matiere que j'examine, dans l'Ouvrage que j'ai l'honneur d'offrir A VOTRE

Digitized by Google

GRANDEUR, *n'a pas besoin d'être établie par de longs discours. On a vû dans tous les Siécles la consideration, & même la richesse & la puissance réelle des Nations dépendre de leur habileté dans l'Art de Naviguer, & de la grandeur de leurs forces Maritimes. C'est par-là que les Nations les moins considerables soit par l'étendue soit par la fertilité du terrain qu'elles occupoient, les Tyriens, les Atheniens, les Carthaginois & les Rhodiens se sont trouvés en état non-seulement de traiter d'égal à égal avec les formidables Monarchies des Assiriens, des Perses, des Successeurs d'Alexandre & des Romains; mais même de leur faire souvent la loi, & de mettre obstacle à leurs conquêtes. C'est par leur seule habileté dans la Navigation que les Genois & les Venitiens, pour descendre dans un Siécle plus voisin du nôtre, ont été si longtems les Maîtres de tou-*

Digitized by Google

tes les Richesses de l'Asie, ont possedé tranquillement les plus belles Isles de la Mediterranée, & ont été plusieurs fois les Arbitres de l'Occident.

Dans l'Ouvrage que j'ose vous presenter MONSEIGNEUR, *je tâche d'établir des Regles claires & certaines de la Manœuvre des Vaisseaux, c'est-à-dire d'une partie de la Navigation, qui, quoique très importante, sembloit avoir été jusques apresent comme abandonnée aux seuls tastonnements d'une pratique aveugle ou mal assurée, & si mes efforts sont heureux je pourrai me flatter d'avoir contribué à perfectionner une Science aussi necessaire que celle de la Navigation.*

La Place que vous remplissés si dignement, MONSEIGNEUR, *vôtre zéle pour le bien du Royaume & pour le Service du Roi, l'étendue de vos connoissances, la profondeur & la justesse de vos vûes, l'attention toute particuliere que vous donnés à ce*

Digitized by Google

qui concerne la Navigation, votre amour pour les Sciences & la bonté avec laquelle vous recevés ceux qui les cultivent, m'ont inspiré la hardiesse de vous presenter un Ouvrage qui ne doit paroître que sous les auspices de votre GRANDEUR. *Heureux si cet Ouvrage pouvoit obtenir par lui-même une approbation qui sera un gage assuré de celle du Public. Du moins m'est-il permis d'esperer que n'ayant eu d'autre dessein en le composant, que celui de concourir aux vûes de votre* GRANDEUR *pour le bien general de la Nation & du Service du Roi, les motifs qui me l'ont fait entreprendre vous inspireront quelque indulgence pour la maniere dont je l'ai executé. J'ai l'honneur d'être avec un très profond respect.*

MONSEIGNEUR,

Votre très-humble & très-obéïssant serviteur, PITOT.

Digitized by Google



PREFACE.

L'ART de la Navigation a deux parties principales, la Manœuvre & le Pilotage.

De tous temps on s'eſt apliqué à perfectionner le Pilotage ; & il paroît qu'il n'y manque gueres qu'une parfaite connoiſſance des Longitudes.

Il n'en a pas été de même de la Manœuvre. Quoique cette partie de la Navigation ſoit ſans contredit la plus importante, les anciens Géometres l'avoient totalement negligée, & ce n'eſt que dans ces derniers temps qu'on s'eſt aviſé de chercher une Theorie qui pût éclairer la pratique des Marins, & leur aprendre les principes aſſurés de l'art qui donne avec promptitude & avec avantage aux Vaiſſeaux, tous les mouvemens dont ils ſont capables.

Rien n'eſt plus utile qu'une bonne Manœuvre ; & par la même raiſon, rien n'eſt plus neceſſaire aux Marins que d'acquerir la connoiſſance des principes, qui peuvent les conduire & les guider ſurement dans leurs operations.

Les avantages qu'ils recueilleront de cette étude, ſeront, de ſçavoir donner aux voiles & au gouvernail les ſituations les plus avantageuſes, ſoit

Digitized by Google

pour faire le plus de chemin qu'il eſt poſſible, ſoit pour virer promptement;de connoître exactement la dérive, & par conſequent la vraie route qu'on a tenuë;d'eſtimer la grandeur du ſillage ou le chemin fait par le Navire:ce qui eſt tout ce qu'on peut exiger de l'art, pour rendre une Navigation auſſi ſure, auſſi prompte, & en un mot auſſi parfaite qu'il eſt poſſible. Car comme on ſçait toujours le lieu d'où l'on eſt parti, la connoiſſance de la route ou du chemin parcouru, conduit auſſi à faire connoître le lieu où le Vaiſſeau ſe trouve.

Mais il y a plus; au moyen d'une bonne Manœuvre, les Marins ſeront en état de profiter heureuſement des vents, pour s'élever d'une Côte, pour doubler un Cap, pour éviter un écueil, pour ſuivre un Vaiſſeau, lui donner la chaſſe ou l'éviter, pour prendre le deſſus ou l'avantage du vent, ou ſe le conſerver : principalement dans un Combat Naval.

Il eſt vrai qu'on a vû de très grands hommes de Mer, excelens Manœuvriers, quoi qu'ils ne fuſſent que peu ou point au fait des principes theoriques de la Manœuvre. De ce nombre ſont Mrs. de Tourville, Jean-Bart, du Queſne, du Gué-Trouin, &c. La ſuperiorité de leur genie, une longue habitude à pratiquer, & leur exactitude à mettre à profit tout ce que leur enſeignoit un exercice journalier, avoient en quelque ſorte ſupléé à ce qui leur manquoit du côté de la Theorie. Mais n'eſt-il pas probable, pour ne

pas

Digitized by Google

pas dire évidemment certain, qu'ils eussent porté l'Art de la Navigation à un plus haut degré de perfection, ou que du moins ils fussent plutôt parvenus à ce degré d'habileté, qui les a fait admirer, s'ils eussent sçû de bonne-heure les principes de la Manœuvre ?

De tous ceux qui jusqu'ici se sont fait une si grande réputation, il n'y en a pas un seul qui ne dût ses connoissances à une très longue experience. Quel avantage ne sera-ce donc point, pour les Officiers de Marine, & les Pilotes, de pouvoir acquerir ces mêmes lumieres, sans qu'il leur en coute tant d'années d'exercice ? Une connoissance réflechie des Principes de la Manœuvre, leur rendra la pratique plus prompte & plus familiere. La dérive ne sera plus inconnuë, le sillage ne sera plus incertain : & cet art où l'on ne se rendoit habile qu'à force de courses, de voyages, d'incidents, & d'observations réïterées, ne sera plus que l'ouvrage d'une courte pratique, lorsqu'elle sera éclairée & guidée, par la connoissance des Regles & des Principes certains sur lesquels il est fondé.

C'est pour procurer aux Marins ces facilités, que de grands Géometres modernes ont employé leurs veilles, à perfectionner par une bonne Theorie, cette partie de la Marine si negligée jusqu'àlors. Le Pere Pardies est le premier qui ait entrepris d'en donner quelques notions. Elles se trouvent à la suite d'un traité du Mouvement Local & des Forces Mouvantes, qu'il fit imprimer en 1671.

Digitized by Google

mais ſes tentatives ne furent pas heureuſes. Il eſt rare, même dans les ſciences exactes, que ceux qui défrichent les premiers faſſent autre choſe que preparer les voïes à ceux qui les ſuivent. La ſagacité & la netteté d'eſprit, qui lui étoient ſi naturelles, ne l'empêcherent point de donner dans de faux principes. Toutes les propoſitions fondamentales qu'il eſſaya de donner, furent autant de paralogiſmes.

M. le Chevalier Renaud plus habile dans la pratique de la Navigation vint enſuite, & publia un traité plus étendu de la Theorie de la Manœuvre. Mais comme il bâtit ſur les mêmes fondemens que le Pere Pardies, il donna auſſi dans les mêmes paralogiſmes. Son traité fit cependant beaucoup de de bruit. On publia qu'il renfermoit les principes d'une nouvelle ſience; & il fut imprimé en 1689. par ordre du feu Roi.

Deux ou trois ans après, le Pere Hotte fit imprimer à Lyon un autre petit Ouvrage ſur cette matiere, dans un Recueil de Traités de Mathematiques; mais comme vraiſemblablement il ſuivit le Pere Pardies, & M. le Chevalier Renaud, il donna dans les mêmes faux principes.

La principale erreur dans laquelle M. le Chevalier Renaud étoit tombé, fut relevée par M. Huguens. Ce ſavant Géometre reconnut, que le principe ſur lequel M. le Chevalier Renaud déterminoit les differentes viteſſes d'un Vaiſſeau, étoit faux; ce qui faiſoit tomber la plus grande partie de ſa Theorie. M. le Chevalier Renaud ne fut

Digitized by Google

point détrompé par les objections de M. Huguens; il ne les regarda que comme des difficultés qui ne demandoient que des éclairciſſemens. Il répondit à M. Huguens; celui-ci répliqua, & les écrits ſe multiplierent de part & d'autre.

Le point de la difficulté étoit bien délicat, puiſque M. Bernoulli, l'un des plus grands Géometres de ce ſiecle, prit alors parti en faveur de M. le Chevalier Renaud. Mais quelques années après on le vit ſe ranger du côté de M. Huguens. Il alla même plus loin, car il trouva que M. le Chevalier Renaud étoit tombé dans une autre mépriſe, non moins délicate que la premiere, puiſqu'elle avoit échapé à toute la ſagacité de M. Huguens. Cependant elle n'étoit pas au fond d'une moindre importance; vû qu'il s'agiſſoit de la détermination de la dérive, ou de la connoiſſance de la vraie route du Vaiſſeau.

Cette nouvelle attaque de M. Bernoulli ne produiſit pas plus d'effet ſur l'eſprit de M. le Chevalier Renaud, que celle de M. Huguens. Il étoit ſi fort prévenu en faveur de la ſolidité des principes qu'il avoit adoptés, qu'on ne pût même parvenir à l'en faire douter. Il s'obſtina à les deffendre; mais ſa mort, arrivée peu de temps après, termina cette diſpute.

M. Bernoulli voyant donc que preſque toute la Theorie de M. le Chevalier Renaud, auſſi-bien que celle du Pere Pardies & du Pere Hotte, tom-

Digitized by Google

boit néceſſairement par les deux mépriſes, touchant la viteſſe & la dérive d'un Vaiſſeau;il publia en 1714. une nouvelle Theorie de la Manœuvre, fondée ſur des principes inconteſtables, & que perſonne avant lui n'avoit ſi ſolidement établis. Mais autant elle eſt propre à contenter les Géometres, autant elle l'eſt peu à ſatisfaire le commun des Marins.

C'eſt donc pour mettre plus à la portée de ces derniers les Principes de la Manœuvre, que je me ſuis déterminé à compoſer ce petit traité : où l'on verra que je me ſuis attaché à donner des démonſtrations plus ſimples & plus courtes, que ne ſont celles de cet illuſtre Géometre ; & à en apliquer les principes, à des formes de Vaiſſeaux plus aprochantes que les ſiennes, de celles des Vaiſſeaux ordinaires.

Un autre point très important pour la pratique de la Navigation, c'eſt la conſtruction des Tables que j'y ai jointes. Elles ſont dreſſées de maniere que les Officiers de Marine, & les Pilotes, pourront y trouver d'un coup d'œil les déterminations des viteſſes, & que par leur ſecours l'on ſera en état de donner des ſolutions ſimples, des plus importantes Queſtions ou Problemes,qui puiſſent régarder la Manœuvre

M. Bernoulli qui avoit ſenti toute l'utilité de ces Tables, n'a pas manqué d'exciter à les conſtruire, par l'expoſition des avantages qui en réſul-

Digitized by Google

. teroient pour la pratique. „ La commodité qu'on „ retireroit de ces Tables (dit-il page 96.) ré- „ compenſeroit largement de toutes les peines „ qu'on auroit eu à les compoſer, car on ſeroit en „ état, non-ſeulement de diriger le Vaiſſeau pour „ faire le plus avantageuſement la route qu'on ſe „ propoſe, mais auſſi de réſoudre ſur le champ les „ plus importantes queſtions qu'on peut faire ſur „ cette matiere : comme par exemple, de gagner „ le plus au vent, de trouver les plus avantageuſes „ ſituations de la quille & de la voile, l'une & „ l'autre étant données pour fuir le vent.

Ces Tables deſirées par M. Bernoulli, ne ſont pourtant qu'une petite partie de celles que je donne au Public ; comme il ſera aiſé de le voir ſi l'on veut ſe donner la peine de l'examiner.

Ce traité eſt diviſé en neuf Sections. Les huit premieres contiennent la Theorie, les Principes de la Manœuvre ; & la neufviéme contient l'uſage des Tables, avec la réſolution des Queſtions ou des principaux Problemes, qu'on peut propoſer ſur la Manœuvre.

Nous donnons dans la premiere Section, les principes généraux, ou les loix des impulſions des fluïdes. La ſeconde contient les Principes particuliers à la Manœuvre ; nous y avons défini & expliqué ce qu'on entend par vent arriere, vent largue, vent de bouline &c. Ce que c'eſt que tenir le vent, être au vent, gagner au vent, avoir le deſ-

ſus ou l'avantage du vent, être ſous le vent.

On détermine dans la troiſiéme Section, les ſituations les plus avantageuſes des voiles & de la quille du Vaiſſeau, par raport à la ligne du vent, tant pour gagner que pour perdre au vent : en ſupoſant que la dérive eſt nulle, ou que la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau, par ſa pointe ou ſa prouë, eſt infiniment petite, par raport à la réſiſtance qu'il trouveroit en fendant l'eau par le côté.

Quoique la methode que nous avons ſuivi dans cette Section, ſoit differente de celle de M. Bernoulli, nous ſommes cependant tombé dans la même équation, ou la même formule. Cette formule avoit été donnée par M. Huguens, mais ſans démonſtration : ainſi M. Bernoulli eſt le premier qui genereuſement en ait publié l'Analiſe, dans le chapitre 5. de ſa Theorie.

Nous donnons dans la quatriéme Section les ſituations des voiles, & les dérives ; en prenant les coupes horizontales des Vaiſſeaux pour des poligones rectilignes, de tant de côtés égaux qu'on voudra, faiſant entr'eux des angles inégaux. Plus le nombre des côtés des poligones ſera grand, plus ces coupes ſeront aprochantes de celles des vraies formes des Vaiſſeaux, & plus on aprochera des juſtes déterminations. Ainſi par la methode de cette Section on connoîtra les quantités de la dérive ſi près qu'on voudra. C'eſt la voïe la plus natu-

Digitized by Google

relle & la plus ſûre, attendu l'irregularité des courbures des Vaiſſeaux. Mais comme cette methode d'aproximation eſt très longue & très penible, nous faiſons dans la cinquiéme Section les mêmes ſupoſitions que M. Bernoulli, en conſiderant les coupes horizontales de la carenne, comme composées de deux ſegmens de cercle égaux, joints par une corde commune, qui répreſente la direction de la quille.

La Theorie des impulſions des fluides ſur les ſurfaces courbes, eſt une des plus importantes & des plus utiles aplications qu'on ait fait de la methode des nouveaux calculs. C'eſt par le ſecours de ces calculs, que pluſieurs grands Géometres ont determiné la courbe, dont la révolution autour d'une ligne droite, forme la ſurface courbe qu'il faut donner à la partie d'un Vaiſſeau qui eſt dans l'eau, afin qu'il trouve de la part de l'eau la moindre réſiſtance qui ſoit poſſible.

Cette forme la plus avantageuſe qu'il faudroit donner aux Vaiſſeaux, ſupoſe, que les Vaiſſeaux ſoient exempts de dérive, ou que leur ſillage ſoit toujours dans la direction de la quille; ce qui ne peut arriver que lorſque le Vaiſſeau fait route de vent arriere.

Nous donnons dans la ſixiéme Section les raports des viteſſes du Vaiſſeau, ſuivant la quantité differente de la dérive : elles ſont toujours rélatives aux differentes poſitions des voiles. Nous

Digitized by Google

avons determiné les viteſſes, non-ſeulement par raport aux angles des voiles & de la quille, mais auſſi par raport aux differens angles d'incidence du vent ſur les voiles, & aux differentes forces ou viteſſes reſpectives du vent, auſſi-bien qu'aux differentes quantités des voiles.

Comme M. Bernoulli a déterminé dans les Actes de Leypſick, dans les Journaux des Savans, & dans le chapitre 14. de ſa Theorie, la nature des courbes des voiles enflées par le vent, nous nous diſpenſerons d'en parler ici. Nous raporterons ſeulement la regle qu'il a donnée pour trouver la direction moyenne de l'effort du vent ſur les voiles; enſorte que l'effet de la courbure des voiles, ſe reduit au ſimple changement des voiles plates: comme l'avoit remarqué M. le Chevalier Renaud. Pour ce qui eſt des poſitions les plus avantageuſes des Mats, des Vergues, on pourra voir le ſavant Traité de la Mâture des Vaiſſeaux par M. Bouguer; Ouvrage qui a remporté le prix propoſé par l'Academie, en 1727.

Dans la ſeptiéme Section, nous donnons la Theorie du Gouvernail. M. le Chevalier Renaud eſt je croi le premier, qui ait déterminé l'angle le plus avantageux que la barre du Gouvernail doit faire avec la quille du Vaiſſeau, pour virer le plus promptement qu'il eſt poſſible. Cet angle qui eſt le même que l'angle le plus avantageux des aîles des moulins à vent ordinaires, a été trouvé par le

Pere

Digitized by Google

Pere Hotte, par M. Huguens, par Mrs. Parent & Guinée. M. Bernoully en a fait un petit Corolaire de sa formule sur la situation la plus avantageuse de la voile. Nous avons déterminé le même angle, en y faisant entrer la dérive du Vaisseau, au lieu qu'on a supofé jusqu'ici que la dérive étoit nulle.

Comme le méchanisme de la Rame a beaucoup de raport avec celui du Gouvernail, nous donnons dans la huitiéme Section la Theorie de la Rame, par où l'on connoîtra la proportion qu'on doit donner aux parties de la Rame, pour que la force des Rameurs soit apliquée le plus avantageusement qu'il est possible.

Nous donnons dans la neufviéme Section, les résolutions des plus importantes questions qu'on peut faire sur la Manœuvre. Si les huit premieres Sections ne regardent que la Theorie, celle-ci n'est que pour la Pratique. Toutes les Solutions y sont déduites des principes établis dans la Theorie, sans employer aucun calcul algebrique ; afin de la mettre plus à la portée des Pilotes.

Nous commençons cette Section par la construction & les usages des Tables, pour la pratique : & nous faisons connoître quelques défauts essentiels, dans lesquels on tombe souvent dans la pratique.

Supofé qu'un Vaisseau soit prêt à partir, ou à faire voile, l'angle du rumb ou de la ligne du vent & de la route étant connu, on trouvera par le

Digitized by Google

premier Probleme, la ſituation qu'il faut donner aux voiles, & la quantité de la dérive.

Par le ſecond & le troiſiéme Probleme, on trouvera le raport des viteſſes ou ſillages des Vaiſſeaux.

Nous donnons dans le quatriéme, une methode de connoître ſur Mer les viteſſes relatives du vent.

Par le cinquiéme & le ſixiéme, on connoîtra les raports entre les differentes viteſſes d'un ou de pluſieurs Vaiſſeaux, dans toutes les varietés qui peuvent arriver dans la poſition des voiles, la direction & la force du vent.

On pourra connoître & calculer par le ſeptiéme Probleme, l'avantage qu'il y a de donner aux voiles l'angle le plus avantageux, marqué dans nos Tables.

Par le huitiéme, nous faiſons une comparaiſon des viteſſes ou ſillages de deux Vaiſſeaux, dont l'un fait route de vent largue, & l'autre à la bouline.

Nous donnons par le neufviéme Probleme, la methode de calculer la quantité dont un Vaiſſeau perd au vent, en faiſant route de vent largue; & la quantité dont il gagne au vent, en faiſant route de vent de bouline.

Si deux Vaiſſeaux ou deux Flotes ſe diſputent l'avantage du vent, & que pour cet effet les uns ſerrent le vent au plus près, pendant que les au-

Digitized by Google

tres donnent aux voiles & à la quille les dispositions les plus avantageuses ; nous déterminons l'avantage de ces derniers par le dixiéme Probleme.

Comme dans un gros temps on met quelquefois le Vaisseau côté à travers, on connoîtra à peu près par le onziéme Probleme, le chemin qu'un Vaisseau peut faire en présentant le côté au vent.

Les Vaisseaux ne portent pas toujours la même quantité de voiles ; nous donnons par le douziéme Probleme, les Regles pour connoître & calculer les sillages, suivant les differentes quantités de superficies des voiles.

Enfin par le treiziéme, nous comparons les sillages d'un Vaisseau dans ses differentes voilures ; vent arriere, vent largue, & vent de bouline.

Outre les Solutions de ces Problemes, que nous avons rendu sensibles par des Exemples, nous donnons encore plusieurs Regles générales, pour connoître l'effort absolu de la résistance de l'eau, sur la prouë & le corps du Vaisseau, celui du vent sur la surface des voiles, & la vitesse absoluë du vent.

Digitized by Google

EXTRAIT DES REGISTRES

De l'Academie Royale des Sciences.

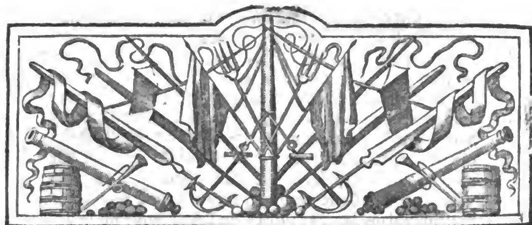
Du 14. *Fevrier* 1731.

MESSIEURS Nicole & l'Abbé de Bragelonne, qui avoient été nommés pour examiner un Ouvrage de Monsieur Pitot, sur la Manœuvre des Vaisseaux ; dans lequel après avoir donné des Regles pour arriver à la connoissance de la dérive & de la vitesse des Vaisseaux, en suposant que chaque demi-coupe horizontale prise à differentes distances de la quille, sont non-seulement des Poligones semblables de tant de côtés égaux qu'on voudra, faisant entr'eux des angles inégaux ; mais encore en suposant que chaque demi-coupe soit un segment de cercle d'un nombre de degrés quelconque ; il s'est attaché principalement à réduire en Pratique la Theorie de cette partie de la Navigation, donnée en 1714. par Monsieur Bernoulli ; en ayant fait leur raport. La Compagnie a jugé qu'au moyen des Tables construites par Monsieur Pitot, & dont on peut faire aisément usage avec une legere teinture des Mathematiques, cet Ouvrage ne pouvoit être que très utile, non-seulement pour diriger les Vaisseaux dans leur route, mais aussi pour donner sur le champ la résolution des plus importantes questions de la Manœuvre, relativement à des supositions qui ne peuvent causer que de petites erreurs. En foi de quoi j'ai signé le present Certificat. A Paris le 18. Fevrier 1731.

FONTENELLE, *Sec. perp. de l'Ac. R. des Sc.*

LES PRINCIPES

Digitized by Google



LES PRINCIPES
DE LA MANŒUVRE
DES VAISSEAUX.



SECTION I.

Des Principes generaux.

1 ORSQU'UNE surface reçoit l'impulsion d'un fluide, on peut considerer indifferemment que le fluide se meut contre la surface, ou que la surface se meut dans le fluide, ou qu'enfin la surface & le fluide ont chacun une partie de la vitesse respective avec laquelle la surface reçoit l'impulsion du fluide.

2. Les forces des impulsions d'un fluide contre une

Digitized by Google

même surface avec differentes vitesses sont en raison doublée de ces mêmes vitesses. Ce principe est generalement reçû, il est conforme à l'experience, & on le démontre communément en ce que lorsque le fluide a plus de vitesse, chaque petite partie du fluide frappe avec plus de force à raison de sa vitesse, & il y a dans le même temps un plus grand nombre des parties qui frappent à raison encore de sa vitesse, ce qui fait une raison doublée. Cette démonstration n'est à la vérité que Physique, nous en avons donné une Géometrique dans les Mémoires de l'Academie de 1725. page 91. en admettant l'hipothese de Galilée sur la chûte des corps.

3. Les impulsions obliques d'un fluide contre une même surface sont en raison doublée des sinus des angles d'incidence.

Fig. 1. Si *AB* est une surface oblique à la direction *RB* d'un fluide, la perpendiculaire *AP* à cette direction sera le sinus d'incidence, *AB* étant pris pour le sinus total; or il est visible que la quantité des parties du fluide qui rencontreroient la surface si elle étoit perpendiculaire, est à la quantité des parties qui la rencontrent obliquement, comme *AB* est à *AP*; mais de plus c'est une maxime reçûë & démontrée que l'impression perpendiculaire de chaque partie du fluide est à leurs impressions obliques comme le sinus total, au sinus d'incidence de l'obliquité, ou comme *AB* est à *AP*, ce qui fait une raison doublée.

4. Si un même fluide rencontre plusieurs surfaces inégales sous un même angle d'incidence, les forces des impressions sur chaque surface, seront dans la raison simple de la grandeur des surfaces. Ce principe n'a pas besoin de démonstration.

5. Il suit des principes précédens, que si un fluide rencontre des surfaces inégales avec des vitesses inégales, les forces des impulsions seront en raison com-

Digitized by Google

poſée de la raiſon ſimple des ſurfaces, & de la raiſon doublée des viteſſes.

6. Que ſi un fluide rencontre avec une même viteſſe des ſurfaces inégales & ſous des angles d'incidence differéns, les impulſions ſeront en raiſon composée de la raiſon ſimple des ſurfaces, & de la doublée des ſinus d'incidence.

7. Mais ſi des ſurfaces égales reçoivent l'impreſſion d'un fluide avec des viteſſes inégales, & ſous des angles inégaux, les forces des impulſions ſeront dans ce cas en raiſon compoſée de la doublée des viteſſes, & de la doublée des ſinus d'incidence.

8. Si enfin des ſurfaces inégales reçoivent l'impulſion d'un fluide avec des viteſſes inégales & des angles d'incidence inégaux, les forces des impreſſions ſur chaque ſurface ſeront en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſurfaces, de la doublée des viteſſes, & de la doublée des ſinus d'incidence.

9. Sous quel angle d'incidence qu'une ſurface plane reçoive l'impulſion d'un fluide, la détermination ſelon laquelle cette ſurface eſt pouſſée par le fluide eſt toujours, ſuivant une ligne perpendiculaire à la ſurface. Fig. 2.
Ainſi dans quelle direction *CD*, *CE*, *CF*, que la ſurface *AB*, ſoit pouſſée, ſa détermination ſera toujours ſuivant la ligne *CG* qui lui eſt perpendiculaire.

10. On peut exprimer en lignes les forces relatives des impulſions d'un fluide ſur pluſieurs ſurfaces, comme du vent ſur pluſieurs voiles planes; ſi l'on prend, Fig. 1.
par éxemple, la ligne *AB* pour l'expreſſion de la force totale ou perpendiculaire du vent ſur la voile, & ſi *AP* eſt le ſinus d'incidence de la direction du vent ſur la même voile, *AQ* ſera l'expreſſion de la force relative du vent; car par l'article 3. la force de l'impulſion perpendiculaire ſur la voile *AB* eſt à la force de l'impulſion oblique comme le quarré du ſinus

Digitized by Google

total, eſt au quarré du ſinus d'incidence, ou comme $\overline{AB}^2$ eſt à $\overline{AP}^2$, or à cauſe des triangles ſemblables ABP, APQ, on a $\div$ AB, AP, AQ, & AB, AQ :: $\overline{AB}^2$. $\overline{AP}^2$. donc &c.

11. Si pluſieurs ſurfaces planes ſituées diverſement, & faiſant entre elles des angles invariables, reçoivent en même temps l'impulſion d'un fluide, chaque ſurface aura ſa détermination particuliere; mais on peut toujours par la theorie des mouvemens compoſés, trouver une détermination moïenne, qui partage également les efforts de part & d'autre, & réduire par conſéquent la ſomme des impreſſions ou efforts faits ſur toutes les differentes ſurfaces à une impreſſion faite ſur une ſeule ſurface perpendiculaire à la ligne de la détermination moyenne, que nous appellerons ligne moyenne de la force mouvante.

12. Mais une ſurface courbe pouvant toujours être conſiderée comme compoſée d'une infinité de petites ſurfaces droites ou plans élementaires, & chaçun de ces petits plans ayant ſa détermination particuliere; la ſurface courbe a par conſequent une infinité de déterminations differentes, entre leſquelles il y en a une moyenne que nous nommerons ligne de la détermination moyenne: D'où il ſuit que dès qu'on eſt parvenu à connoître la détermination moyenne ſelon laquelle une ſurface courbe eſt pouſſée par un fluide, on peut regarder cette ſurface comme une ſurface plane, ſur le plan de laquelle, par l'art. 9. la ligne de la détermination moyenne doit être toujours perpendiculaire. Nous pouvons donc 1°. conſiderer les voiles comme des ſurfaces planes. 2°. réduire les déterminations particulieres de pluſieurs voiles à une ſeule détermination moyenne qui partage également les efforts ou impreſſions du vent fait de part & d'autre ſur les differentes voiles.

Digitized by Google



SECTION II.

Du mouvement d'un Vaisseau, & des principes particuliers de la manœuvre.

POur faciliter l'intelligence des principes de la manœuvre soit *HM* la quille d'un Vaisseau, *M* la proüe, & *H* la poupe, *AB* le rumb du vent, que nous appellerons toujours la ligne du vent. *CD* la voile plane, à laquelle nous suposons avoir réduit toutes les autres par les articles 11 & 12. la perpendiculaire *BG* à cette voile sera la ligne de la force mouvante. FIG. 3.

13. Lorsqu'un Vaisseau en repos est mis en mouvement par l'action du vent sur les voiles, sa vitesse ou son sillage doit augmenter & s'accelerer peu à peu jusques à ce que l'action de l'eau sur la proüe & le corps du Vaisseau soit égale à celle du vent sur les voiles; or l'action étant toujours égale & directement opposée à la réaction, la direction selon laquelle le Vaisseau est repoussée par l'eau qu'il rencontre, doit être toujours la même que la ligne de la force mouvante. C'est ici le point principal de toute la theorie de la manœuvre; c'est-à-dire, que la résistance moyenne de l'eau contre le Vaisseau doit être égale & directement opposée à la force moyenne du vent sur les voiles, pour que les axes d'équilibre, de la résistance de l'eau, & de la force du vent se répondent directement en ligne droite.

14. Mais quoiqu'un Vaisseau soit poussé dans la direction de la force mouvante *BG*, il ne peut cependant se mouvoir & faire sa route dans cette même direction, que lorsque *BG* partage egalement de part & d'autre les efforts de l'eau sur le Vaisseau, ce qui

Digitized by Google

ne peut arriver que lorſque la ligne de la force mouvante eſt paralelle à la quille, ou que le Vaiſſeau fait vent arriere, la forme des Vaiſſeaux étant telle que la quille les partage toujours en deux parties égales & ſemblables.

15. Pour qu'un Vaiſſeau fît toujours ſa route ſuivant la ligne de la force mouvante *B G*, il faudroit que ſa forme fût telle, qu'il trouvât partout une égale réſiſtance à fendre l'eau, ce qui ne convient qu'à la forme cylindrique ou ſpherique.

16. Si la réſiſtance qu'un Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe ou par ſa prouë *M*, étoit infiniment petite par raport à ſa réſiſtance à fendre l'eau par ſon côté, ſa route ſe feroit toujours dans la direction de la quille *H M*.

17. Mais cette réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe, n'étant ni nulle, ni infiniment petite par raport à la réſiſtance qu'il trouve à fendre l'eau par ſon côté, le Vaiſſeau pouſſé dans la direction *B G* doit prendre & ſuivre une route moyenne *B L* entre *B G* & *B M*.

18. La pratique ordinaire des Marins eſt de diriger & de mettre la quille dans la ligne de la route qu'on veut faire, ou qu'on veut courir, en portant toujours la prouë ou le cap dans cette ligne par le jeu du gouvernail. Mais plus l'angle *M B G* de la quille & de la ligne de la force mouvante eſt grand, plus la ligne de la route *B L* que le Vaiſſeau parcourt, s'éloigne de la quille ou de la route qu'il devroit parcourir où l'angle *M B L* devient plus grand. Cet angle eſt appellé l'angle de la dérive.

19. Dans toutes les routes de Navigation l'angle *A B M* du rumb ou de la ligne du vent *A B*, & de la quille *B M*, ou de la route qu'on veut faire, eſt toujours connu ou donné. L'objet principal de la manœuvre eſt 1°. de connoître pour chaque angle *A B M* la

poſition de la voile *C D*, & déterminer par là la direction de la ligne moyenne de la force mouvante *B G*; 2°. De trouver avec l'angle *M B G* la ligne de la route *B L*, & par conſequent l'angle de la dérive *M B L*; après quoi tous les autres angles ſeront connus; ſçavoir l'angle *A B D* de la ligne du vent & de la voile. L'angle *D B M* de la voile & de la quille. L'angle *A B L* de la ligne du vent & de la route que le Vaiſſeau parcourt; & ſi l'on veut, l'angle *A B G* de la ligne du vent & de la ligne de la force mouvante. L'angle *D B L* de la voile & de la route, & enfin l'angle *L B G* de la ligne de la route, & de celle de la force mouvante.

20. Lorſque l'angle *A B M* de la ligne du vent & de la quille vaut deux angles droits ou environ, on dit que le vaiſſeau fait vent arriere, ſi ce même angle eſt droit, on dit vent de quartier, s'il eſt obtus, vent largue, & s'il eſt aigu, vent de Bouline. Il y a pourtant quelques diſtinctions à faire là-deſſus que nous expliquerons dans l'uſage de nos tables.

21. S'il y a quatre Vaiſſeaux marqués par 1. 2. 3. & 4. & qu'on tire par le premier une ligne *B R S B* perpendiculaire à la ligne du vent *A B*, les Vaiſſeaux 1. & 2. ſeront également au vent, le troiſiéme Vaiſſeau ſera au vent du premier de la quantité *B R*, & le quatriéme ſera ſous le vent du premier de la quantité *B S*; ainſi le Vaiſſeau 3. aura l'avantage du vent ſur les trois autres. FIG. 4.

22. Lorſque l'angle de la ligne du vent & de la route eſt droit, le Vaiſſeau tient toujours également le vent. Lorſque cet angle eſt aigu le Vaiſſeau gagne au vent, & lorſqu'il eſt obtus le Vaiſſeau pert au vent: ainſi ſi l'on ſupoſe dans les quatre Vaiſſeaux que la ligne de la route ſoit dans la direction de la quille, le quatriéme Vaiſſeau tiendra également le vent, parce que l'angle *A B M* eſt droit; le premier gagnera au vent, l'angle *A B M* étant aigu; & le ſecond & troiſiéme perdront au vent, ce même angle étant obtus. FIG. 4.

Digitized by Google

23. Entre tous les angles *A B M* qu'on peut prendre pour gagner au vent, il y en a toujours un qui eſt le plus avantageux ; car il eſt évident que plus on veut ſerrer le vent ou aller près du vent, plus l'angle *A B M* eſt aigu ; mais paſſé un certain point, ſi on vouloit faire cet angle plus aigu, ou ſerrer le vent de plus près, on trouveroit un déſavantage conſiderable, & cela par deux cauſes principales ; la premiere, que la voile *B D* étant toujours entre la ligne du vent, & la quille ou dans l'angle *A B M*, l'angle *A B D* devient trop aigu, & l'action du vent ſur la voile fort petite, les impulſions étant (par l'art.) comme les quarrés des ſinus d'incidence, ce qui diminuëroit beaucoup le ſillage du Vaiſſeau. La ſeconde, que plus l'angle *D B M* de la voile & de la quille eſt aigu, plus l'angle *M B G* de la quille & de la ligne de la force mouvante approche de l'angle droit, l'un étant toujours le complement de l'autre. Or il eſt évident que plus l'angle *M B G*, approche de l'angle droit, plus le Vaiſſeau eſt pouſſé par le côté, ce qui peut augmenter ſa dérive ou l'angle *M B L* au point de le faire abbattre, & de lui faire perdre par la dérive beaucoup plus qu'on auroit dû gagner en diminuant l'angle *A B M*.

24. De ce que plus on diminuë l'angle *A B M*, plus celui de la derive *M B L* augmente, il s'enſuit qu'il doit y avoir un point d'égalité entre la diminution de l'un & l'augmentation de l'autre ; c'eſt-à-dire que ſi à ce point on diminuë le premier d'un degré, le ſecond augmentera d'un degré, ce qu'il eſt bon d'obſerver ; car c'eſt là ce qui détermine le plus petit angle que la ligne de la route puiſſe faire avec la ligne du vent.

25. Il eſt évident qu'entre toutes les directions qu'on peut donner à la quille par raport à la ligne du vent pour fuir ou perdre au vent, la plus avantageuſe eſt la même que la ligne du vent, l'angle *A B M* étant égal à deux angles droits, le Vaiſſeau ayant pour lors le

Digitized by Google

le vent en poupe, ou faisant vent arriere, il est cependant vrai de dire que comme les Vaisseaux ont plusieurs mats lorsqu'on a le vent en poupe, les voiles des mats de l'arriere dérobent le vent aux voiles des mats de lavent, ce qui fait que le vent arriere n'est pas par cette raison, si avantageux que le vent largue qui porte dans toutes les voiles; mais cette exception n'a rien d'opposé aux principes & aux regles de la manœuvre. Car dans ce cas il ne faut avoir égard qu'aux voiles exposées à l'action du vent, & considerer que de vent arriere la force motrice qui pousse le Vaisseau est moindre que celle de vent largue par la moindre quantité des voiles.

26. L'angle *ABM*, ou la direction de la quille par raport à la ligne du vent, étant connu ou donné, je dis que la position de la voile *CD* n'est point arbitraire, & qu'il doit y avoir un angle *ABD*. ou *DBM* le plus avantageux pour le fillage du Vaisseau; car plus l'angle *MBG* est petit, plus la direction de la force mouvante s'approche de celle de la quille. Or le fillage du Vaisseau est d'autant plus grand, que la ligne de la force mouvante approche plus du point de la moindre resistance du Vaisseau à fendre l'eau, ou de la direction de sa quille: mais en diminuent l'angle *MBG* on diminuë aussi l'angle *DBA*, puisque l'angle *DBG* est toujours droit, & en diminuent l'angle *DBA*. On diminuë la force motrice ou l'action du vent sur la voile, puisque le sinus d'incidence diminuë. Il y a donc un point moyen où l'angle *ABD* de la ligne du vent & de la voile est le plus avantageux. Ce que nous venons de dire pour le cas du vent étroit, ou lorsqu'on fait route en gagnant au vent, s'applique de soi-même au cas du vent largue, ou qu'on fait route en perdant au vent. Je passe à la recherche de ces angles les plus avantageux en supposant d'abord, comme ont fait Mrs Huguens & Bernouli, que la dérive est nulle, ou que

Digitized by Google

la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe eſt nulle, ou infiniment petite par raport à ſa réſiſtance à fendre l'eau par ſon côté; nous ſuivrons à peu près la méthode que nous avons donnée dans les Mémoires de l'Academie de 1727.



Digitized by Google



SECTION III.

Des situations les plus avantageuses de la quille & de la voile d'un Vaisseau, pour gagner & pour perdre un vent, ou pour faire route en serant le vent, ou près du vent, & en fuyant le vent ou de vent largue.

27. POur trouver la situation la plus avantageuse de la voile *C D*, la ligne de la route ou de la quille étant donnée dans la direction *B K F* (fig. *6.* & 7.) il est clair 1°. que *A B* étant la ligne du vent, le Vaisseau de la fig. *6.* faira route en gagnant au vent, ou près du vent; & celui de la fig. 7. en perdant au vent ou de vent largue. 2°. Que prenant un intervalle *B E* pour le sinus total *E P*, sera le sinus d'incidence du vent sur la voile. 3°. Qu'ayant mené *B G* perpendiculaire sur la voile, & *G K* perpendiculaire sur la direction *B F*, si *B G* est l'expression de l'effort avec lequel le Vaisseau est poussé dans la direction *B G* de la ligne de la force mouvante, *B K* sera l'expression de la force laterale avec laquelle il est poussé dans la direction *B F* de la route ou de la quille; d'où il suit qu'entre tous les angles *A B D* le plus avantageux doit donner la plus grande force laterale exprimée par *B K*, la question se réduit donc à trouver l'expression de *B K*, & en prendre le *maximum* par la méthode du calcul differentiel: Pour cela ayant décrit du point *E* & de l'intervalle *E B* pris pour sinus total, le quart de cercle *T B S*, mené, la parallele *E N* a *B F* sur laquelle on menera la perpendiculaire *B V*, & la perpendiculaire *E Q*, & enfin sur la

Digitized by Google

ligne SEF perpendiculaire à la ligne du vent, mener la perpendiculaire NM.

28. Soit nommé le finus total BE (a) le finus d'incidence PE, x, & les données ME, b, & MN c. Par l'art. 3. l'impulsion perpendiculaire du vent sur la voile est à son impulsion oblique comme $\overline{EB}^2$ ou $\overline{ES}^2$ est à $\overline{EP}^2 :: aa.\ xx :: a\ \frac{xx}{a}$ ainsi exprimant par (a) la force totale de l'impression perpendiculaire du vent sur la voile $\frac{xx}{a}$ sera celle de l'impression oblique ou la valeur de BG. Or les triangles semblables NME, BPF donnent $NM\ (c)\ ME\ (b) :: BP,\ \sqrt{aa-xx}.\ PF\ \frac{b}{c}\sqrt{aa-xx}$. d'où l'on tire dans le cas que le Vaisseau gagne au vent fig. 6. $EF = \frac{b}{c}\sqrt{aa-xx}-x$ & dans le cas qu'il pert au vent fig. 7. $EF = \frac{b}{c}\sqrt{aa-xx}+x$, mais les triangles semblables EMN, EQF donnent EN, a; NM, $c :: EF$, $\frac{b}{c}\sqrt{aa-xx} \mp x$ de l'un & l'autre cas, sera à $EQ\ \frac{a}{b}\sqrt{aa-xx} \pm \frac{cx}{a}$ & de plus les triangles semblables BEV, ou BEQ & BGK donnent $EB\ a$. $EQ\ \frac{b}{a}\sqrt{aa-xx} \mp \frac{cx}{a} :: BG\ \frac{xx}{a}$, BK. $\frac{bxx\sqrt{aa-xx} \mp cx^3}{a^3}$ valeur de la force laterale parallele à la route du Vaisseau pour l'un & l'autre cas; SÇAVOIR, $\frac{bxx\sqrt{aa-xx}-cx^3}{a^3}$ pour le premier & $\frac{bxx\sqrt{aa-xx}+cx^3}{a^3}$ pour le second, dont il faut trouver les *maximum*, c'est pourquoi prenant pour le premier cas la diffe-

Digitized by Google

rence de $bxx\frac{\sqrt{aa-xx-cx^3}}{a^3}$ qui est $\frac{2baaxdx-3bx^3dx}{a^3\sqrt{aa-xx}}$ $\frac{-3cx^2dx}{a^3}$ laquelle étant égalée à zero, donne cette équation $2aab-3bxx-3cx\sqrt{aa-xx}=0$ qu'on réduit après avoir ôté l'incommensurable, substitué aa au lieu de $bb+cc$ & divisé tout par aa) à cette autre équation $x^4-aaxx=-\frac{4}{9}aabb$. Si pour le second cas on

$-\frac{1}{3}bbxx$

prend la difference de $\frac{bxx\sqrt{aa-xx}+cx^3}{a^3}$ on trouvera, après avoir operé à peu près de même que pour le premier cas, précisément la même équation.

29. Cette équation renferme donc les *maximum* des deux cas, & en effet ces deux racines $xx=\frac{1}{2}aa+\frac{1}{6}bb\pm\frac{1}{2}\sqrt{a^4-\frac{10}{9}aabb+\frac{1}{9}b^4}$ sont toutes deux réelles & positives; SÇAVOIR,

$xx=\frac{1}{2}aa+\frac{1}{6}bb-\frac{1}{2}\sqrt{a^4-\frac{10}{9}aabb+\frac{1}{9}b^4}$ pour le sinus d'incidence de l'angle le plus avantageux de la ligne du vent & de la voile, & par conséquent de la voile & de la quille pour gagner au vent &

$xx=\frac{1}{2}xx+\frac{1}{6}bb+\frac{1}{2}\sqrt{a^4-\frac{10}{9}aabb+\frac{1}{9}b^4}$ pour le sinus d'incidence de l'angle le plus avantageux pour perdre au vent ou de vent largue.

30. Puisque l'angle *ABF*, ou *ABQ*, est toujours égal à l'angle *MNE*, dont $ME=b$ est le sinus, il s'ensuit que pour trouver, ou pour calculer la valeur de l'angle le plus avantageux de la voile, & de la ligne du vent, celui de la quille & de la même ligne du

vent étant donné d'un certain nombre de degrez, dont le ſinus pris dans les Tables, ſera la valeur de b, on ſubſtituëra dans l'expreſſion ou formule de la racine $xx = \frac{1}{2} aa + \frac{1}{6} bb$ &c. les valeurs de b, & de ces puiſſances avec les valeurs de (a) ſinus total, & de ces puiſſances, & on aura celle de xx, dont la racine quarrée ſera le ſinus d'incidence le plus avantageux de la voile & de la ligne du vent. Si par éxemple l'angle de la ligne du vent & de la quille eſt de 55. degrez pour le premier cas, & de 125. pour le ſecond, on aura pour l'un & pour l'autre cas $a = 100000$. & $b = 81915$. & ſubſtituënt les puiſſances de ſes valeurs dans les formules des racines de l'un & l'autre cas, & achevent le calcul qui eſt beaucoup plus long que difficile, on trouve dens le premier cas l'angle de la ligne du vent & de la voile de 35. degrez 25. minutes, lequel étant retranché de 55. degrez, on aura l'angle le plns avantageux de la voile & de la quille de 19. degrez 35. minutes; & dans le ſecond cas on trouvera l'angle de la ligne du vent & de la voile de 70. degrez 26. minutes, & l'angle le plus avantageux de la voile & de la quille de 54. degrez 34. minutes; c'eſt par cette méthode que nous avons calculé notre troiſiéme Table pour tous les angles de 3. en 3. degrez, de la ligne du vent & de la route, tant pour gagner que pour perdre au vent; ce qui eſt ſuffiſant pour la pratique.

31. J'avois deſſein de paſſer à la recherche de l'angle le plus avantageux de la quille & de la ligne du vent, la ſituation de la voile ou l'angle qu'elle fait avec la quille étant donné; mais comme par le moïen de nos Tables l'un de ces angles étant donné, on trouve l'autre immédiatement, je ne m'y arreterai point, ayant en vûë d'être court.

32. Si la direction de la quille étoit perpendiculaire à la ligne du vent, le Vaiſſeau tiendroit également le vent, *BF* ſeroit parallele à *EF*, les points *N* & *M* tom-

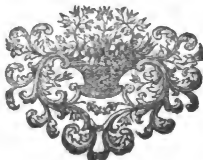
Digitized by Google

beroient en S, & on auroit $b = a$: ainsi pour avoir dans ce cas la situation la plus avantageuse de la voile, il faut substituer (a) à la place de (b) dans $xx = \frac{1}{2}aa + \frac{1}{6}bb \pm \frac{1}{2}\sqrt{a^4 - \frac{10}{9}aabb + \frac{1}{9}b^4}$ & l'on aura $xx = \frac{2}{3}aa$ & $x = a\sqrt{\frac{2}{3}}$ sinus de l'angle d'incidence ABD.

33. Pour trouver la direction la plus avantageuse de la quille pour gagner au vent dans le cas le plus simple qui est, lorsque le plan de la voile est parallele à la quille, ou que l'angle EBQ est nul. La force totale BG de l'impulsion du vent sur la voile BQ; car nous supposons pour un moment que BD tombe sur BQ, cette force, dis-je, étant de composée en deux laterales BK, KG, on voit évidemment que ce n'est qu'en vertu de la force laterale BK que le Vaisseau peut aller dans la direction BQF en gagnant au vent; car la laterale KG lui est directement opposée : d'où il suit que dans ce cas l'inclinaison de la voile ou de la direction de la quille BQF doit être la même que celle de la voile de l'article précedent; c'est-à-dire, que le sinus ABF doit être $a\sqrt{\frac{2}{3}}$ ou de 54. degrez 44. minutes.

34. Laissant maintenant la quille dans cette situation la plus avantageuse pour gagner au vent, si l'on veut avoir celle de la voile pour avoir en même temps les deux situations les plus avantageuses tant de la quille que de la voile pour gagner au vent, il est aisé de voir que dans ce cas $b = \sqrt{\frac{2}{3}aa}$, ainsi il faut simplement substituer $\sqrt{\frac{2}{3}aa}$ à la place de (b) dans $x = \sqrt{\frac{1}{2}aa + \frac{1}{6}bb \pm \frac{1}{2}\sqrt{a^4 - \frac{10}{9}aabb + b^4}}$ & on au-

ra $x = \sqrt{\frac{11}{18}aa \mp \frac{5}{18}aa}$ ou $x = \sqrt{\frac{1}{3}aa}$ & x $\sqrt{\frac{8}{9}aa}$. Or il eſt évident que c'eſt la petite racine $x = \sqrt{\frac{1}{5}aa}$ qui eſt le ſinus de l'angle le plus avantageux de la ligne du vent & de la voile, puiſque cet angle doit être toujours moindre que celui de la ligne du vent, & de la quille, & qu'au contraire la plus grande racine $x = \sqrt{\frac{8}{9}aa}$ donneroit un angle plus grand. Cette plus grande racine n'eſt pas cependant inutile; elle eſt le ſinus de l'angle le plus avantageux de la voile, & de la ligne du vent dans le cas du vent largue, lorſque le ſinus de la ligne du vent & de la direction de la quille eſt $\sqrt{\frac{2}{3}aa}$



SECTION

Digitized by Google



SECTION IV.

Des situations de la voile par raport aux differentes routes & dérives des Vaisseaux, dont le plan de leurs coupes horisontales de la carene est un poligone rectisligne.

35. QUoique le terme de carene ne signifie quelquefois que la quille, on entend cependant par la carene toute la partie du Vaisseau, comprise depuis la quille jusqu'à la ligne de l'eau, ou l'endroit du bordage où l'eau vient se terminer quand le Bâtiment est en Mer. Soit le profil du corps d'un Vaisseau représenté par la fig. 8. dont *BMHE* représente la partie enfoncée dans l'eau; cette partie est appellée la carene, terminée par la ligne de l'eau *BE*. Or il est évident qu'on peut regarder la carene comme formée par une infinité de plans ou tranches horisontales posées les unes sur les autres, dont les circuits seront les mêmes que les contours du bordage du Vaisseau, correspondans à chaque tranche. Nous prendrons dans cette section chaque tranche pour un poligone rectiligne que nous pourrons regarder comme la figure même du Vaisseau. Ces poligones, quoiqu'irreguliers, auront toujours deux moitiés parfaitement égales & semblables, partagées par une ligne qui divise le Vaisseau en deux également de la prouë à la poupe. Soit par éxemple le poligone *MQHq*, fig. 12. une des tranches ou coupes horisontales du Vaisseau, la ligne *MH* qu'on peut prendre pour la quille, le divise en deux parties égales & semblables.

Digitized by Google

FIG. 9. 36. Lorſqu'une ſurface plane *MRN* reçoit obliquement l'impulſion d'un fluide, ſuivant une direction quelconque *LPR*, il eſt évident 1°. que ſi l'on prend *MR* pour le ſinus total, *MP* ſera le ſinus d'incidence; 2°. que (art. 9.) la direction ſelon laquelle la ſurface eſt pouſſée par le fluide, eſt toujours perpendiculaire à la même ſurface; 3°. qu'on peut décompoſer l'expreſſion de la force avec laquelle la ſurface eſt pouſſée par l'action du fluide dans la direction *RI*, perpendiculaire à la ſurface en deux forces laterales, l'une ſuivant *RK* perpendiculaire à la direction du fluide, & l'autre ſuivant *Rl* parallele à la même direction. Mais (par l'art. 10) ſi l'on prend la longueur *MR* pour l'expreſſion de la force de l'impulſion du fluide, lorſqu'il rencontre la ſurface dans la direction perpendiculaire, *MQ* ſera l'expreſſion de la force de l'impulſion oblique, ſuivant l'angle d'incidence *MRP*: prenant donc *RI* perpendiculaire à la ſurface, & égale à *MQ*. Si l'on décompoſe cette force *RI* en deux laterales *RK*, *Rl*, perpendiculaires & paralleles à la direction du fluide, *RK* ſera l'expreſſion de l'effort perpendiculaire, & *Rl* celle de l'effort parallele. Si l'on fait $MR = a$, $MP = x$, PR ſera $= \sqrt{aa-xx}$, les triangles ſemblables *MRP*, *MPQ*, & *RIK* donnent $MR\ (a)\ MP\ (x) :: MP, x;\ MQ \frac{xx}{a} = RI$; & $MR, a, MP, x, :: MQ$, ou $RI, \frac{xx}{a}$; KI, ou $Kl, \frac{x^3}{aa}$ pour l'expreſſion de la force laterale parallele. Les mêmes triangles donnent $MR, a, PR, \sqrt{aa-xx} :: RI, \frac{xx}{a}$, $RK, \frac{xx\sqrt{aa-xx}}{aa}$ pour la laterale parallele. On aura donc pour chaque angle d'incidence les expreſſions des trois forces : SÇAVOIR;

$\frac{xx}{a}$ pour la force totale.

Digitized by Google

$\frac{x^3}{aa}$ pour la laterale parallele.

Et $\frac{xx\sqrt{aa-xx}}{aa}$ pour la laterale perpendiculaire.

37. Donc lorſque pluſieurs ſurfaces inégales reçoivent l'impulſion d'un fluide ſous des angles d'incidences égaux, les forces des impreſſions laterales, perpendiculaires, & paralleles à la direction du fluide, ſont entre elles dans la raiſon ſimple de la grandeur des ſurfaces.

38. Et lorſque les angles d'incidence ſont inégaux, les forces laterales paralleles ſont entre elles en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſurfaces & de la triplée des ſinus d'incidence ; & les laterales perpendiculaires ſont entre elles en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſurfaces, de la doublée des ſinus d'incidences, & de la raiſon ſimple des ſinus de leurs complemens.

39. Soient deux ſurfaces égales *MRN*, *Mrn*, faiſant entre elles un angle invariable, choquées par un fluide dans la direction *ML*; en ſorte que les angles d'incidence *MRV*, *Mru*, ſoient égaux. Cella poſé, il eſt évident 1°. que la force totale *RI* de l'impulſion ſur la ſurface *MRN* eſt égale à la force totale *ri* de l'impulſion ſur la ſurface *Mrn*; 2°. que la laterale parallele *Rl*, eſt égale à la parallele *rl*. 3°. La laterale perpendiculaire *RK*, égale à la laterale perpendiculaire *rk*; mais les deux laterales perpendiculaires *RK*, *rk*, étant directement oppoſées, font équilibre & ſe détruiſent mutuellement; ainſi les deux ſurfaces ne ſont pouſſées dans la direction du fluide qu'avec la ſomme des deux efforts paralleles *Rl*, *rl*. FIG. 10.

40. Si le fluide rencontre les deux ſurfaces ſous des angles d'incidences inégaux, les forces totales *RI*, *ri*, étant de compoſées en deux laterales *RK*, *Rl*; *rk*, *rl*, perpendiculaires & paralleles à la direction du FIG. 11.

Digitized by Google

fluide *B L*; il eſt évident que le ſinus d'incidence *M V*, étant plus grand que le ſinus d'incidence *M u*, la laterale perpendiculaire *R K* doit l'emporter ſur ſa correſpondante *r k*. & que par conſéquent les deux ſurfaces ſont pouſſées dans la direction perpendiculaire à celle du fluide avec une force exprimée par l'excès de *R K* ſur *r k*, ou par *R K — r k*, pendant qu'elles ſont pouſſées dans la direction du fluide avec une force exprimée par la ſomme des laterales paralleles, *R l*, *r l*; pour donc avoir la direction & l'effort compoſé de ſes deux efforts lateraux, on prendra ſur *L B*, prolongée *B F* égale à *R l + r l*, & la perpendiculaire *B E* égale à *R K —*, *r k*. la diagonale *B O* du parallelograme *B F O E* ſera l'expreſſion de l'effort compoſé, avec lequel les deux ſurfaces ſont pouſſées par le fluide dans la direction *G B O*.

41. Tout ce que nous venons de dire ſur l'effort d'un fluide en mouvement contre les ſurfaces *M R N*. *M r n* en repos s'explique de ſoi-même à la réſiſtance que les mêmes ſurfaces trouveroient à fendre l'eau dans la direction *B L*, ainſi ſi ſes ſurfaces repreſentent la prouë ou l'avant d'un Vaiſſeau en forme de rhumbe ou loſange, dont *H M* ſoit la quille; *B L* ſera la ligne de la route, *B G* celle de la force mouvante, ſa perpendiculaire *D C*, la poſition de la voile, l'angle *M B L*, l'angle de la dérive : tout cela eſt évident (par les art. 9. 14. 17. &c.) On peut appliquer facilement cette méthode aux Vaiſſeaux dont les coupes horiſontales ſeroient des parallelogrames; mais il vaut bien mieux paſſer à des formes plus approchantes de celles des Vaiſſeaux ordinaires.

42. Pour déterminer la ſituation de la voile par raport à la route & à la dérive des vaiſſeaux dont les coupes horiſontales de la carene ſont des poligones
Fig. 12. rectilignes tels que *M Q H q*, je conſidere d'abord que (art. 34.) la quille *H M* diviſe toujours le Vaiſſeau

Digitized by Google

ou le poligone en deux parties égales & ſemblables, que le côté *M N* = *M n*, de même *N P* = *n p*, *P Q* = *p q*, & ſi par les points *R*, *S*, *T*, & *r*, *s*, *t*, milieu de chaque côté on tire les lignes *T Y*, *S X*, *R V*, & *r u*, *s x*, paralleles à la direction *B L*, les angles *P T Y*, *N S X*, *M R V*, & *M r u*, *n s x*, feront les angles d'incidence de l'action de l'eau ſur chaque côté ; ainſi ayant de composé, comme dans les 3. art. précédens, la force totale en deux laterales perpendiculaires & paralleles à la direction de la route *B L*, on prendra *B F* égale à la ſomme des forces laterales paralleles ſur tous les côtés *M N*, *N P*, *P Q*, & *M n*, *n p*, & enſuite *B E* égale à la ſomme des laterales perpendiculaires ſur les côtés *M N*, *N P*, *P Q*; moins la ſomme des laterales perpendiculaires ſur les côtés *M n*, *n p*, la diagonale *O B*, ſera comme dans l'art. précédent, la direction & la grandeur de la force moyenne de l'eau ſur la prouë ou l'avant du Vaiſſeau, laquelle doit être égale & directement opoſée à la force du vent ſur la voile ; ainſi *O B G* ſera la ligne de la force mouvante, & ſa perpendiculaire *D B C* la poſition de la voile ou de la vergue, & *M B L* l'angle de la dérive.

43. Si l'angle *M B L* eſt plus grand que l'angle *B M N*, il eſt aiſé de voir qu'il n'y aura que la moitié *M N P Q* du Vaiſſeau ſur laquelle ſe fera l'effort de la réſiſtance de l'eau ; ainſi ayant mené par les points *R*, *S*, *T*, *r*, *s*, *t*, milieu de chaque côté, les lignes *R V*, *S X*, *T Y*, *r u*, *s x*, *t y*, paralleles à la ligne de la route *B L*, les angles *M R V*, *N S X*, *P T Y*, *M r u*, *n s x*, & *r t y*, feront les angles d'incidence ſous leſquels les côtés du poligone recevront l'impulſion de l'eau, & ayant de composé la force totale de l'action de l'eau ſur chaque côté, en deux laterales perpendiculaires & paralleles à ſa direction ou à la ligne de la route *B L*, on prendra *B F* égale à la ſomme des laterales paralleles, & la perpendiculaire *B E*, égale à la ſomme des laterales

perpendiculaires ; car il eſt évident que dans ce cas il n'y a aucuns efforts perpendiculaires oppoſés les uns aux autres, puiſque l'action de l'eau ne ſe fait ſentir que ſur une moitié du Vaiſſeau.

44. Les angles *MNP*, *NPQ*, faits par les côtés du poligone, étant connus pour calculer facilement la valeur de l'angle *LBG*, pour chaque angle de la dérive *MBL*, nous avons dreſſé la Table 1. des forces totales, & des laterales perpendiculaires & paralleles à la direction d'un fluide pour tous les angles d'incidence de 30. en 30. minutes, ce qui eſt ſuffiſant pour la pratique. Cette Table a beaucoup d'autres uſages que nous n'expliquerons pas ici, pour ne point ſortir de notre ſujet. Voici la méthode dont nous nous ſommes ſervis pour la dreſſer.

1°. Nous avons pris l'unité pour la grandeur de la ſurface. 2°. Supoſé que la viteſſe du fluide ou de la ſurface muë dans le fluide, étoit auſſi l'unité. 3°. Que l'impulſion perpendiculaire du fluide ſur la ſurface 1. avec la viteſſe 1. étoit 20000. Tout cela par des raiſons que nous expliquerons dans la ſuite. Or nous avons trouvé (art. 36.) en prenant (a) pour le ſinus total, & (x) pour le ſinus d'incidence, que (a) étant l'expreſſion de la force totale de l'impulſion perpendiculaire, on aura $\frac{xx}{a}$ pour celle de l'impulſion oblique $\frac{x^3}{aa}$ pour la laterale parallele, & $\frac{xxy}{aa}$ ou $\frac{xx\sqrt{aa-xx}}{aa}$, pour la laterale perpendiculaire. Pour donc avoir les forces laterales, paralleles & perpendiculaires, la force totale de l'impulſion perpendiculaire à la ſurface, étant de 20000. on fera, a ; $\frac{x^3}{aa}$: : 20000 : $\frac{x^3 \times 20000.}{a^3}$ pour la laterale parallele ; & a : $\frac{xxy}{aa}$: : 20000 : $\frac{xxy \times 20000}{a^3}$ = la laterale perpendiculaire. Si l'angle

d'incidence est par éxemple de 15. degrez, on aura, en calculant par les logarithmes, $x = 941300$. Donc $xx = 1882600$. & $xxx20000 = 2312703$. en ajoûtant le loharithme de 20000. qui est 430103. Et enfin si l'on ôte du logarithme de $xxx20000$ qui est 2312703. le logarithime de aa quarré du sinus total qui est 2000000. on aura le logarithme de $\frac{de\, xx \times 20000}{aa} = 312703$. qui répond dans les Tables à 1340. valeur de la force totale de l'impulsion par l'angle d'incidence de 15. degrez, pour avoir le logarithme de $\frac{x^3 \times 20000.}{3}$ au logarithme de $\frac{xx \times 20000.}{aa}$ on ajoûtera le logarithme de (x), puis on retranchera le logarithme de (a) & l'on aura le logarithme de $\frac{x^3 \times 20000}{a^3} = 254003$. qui donne 346. valeur de la laterale parallele. Enfin pour avoir le logarithme de $\frac{xx \times \sqrt{aa-xx} \times 20000.}{a^3}$ au longarithme de $\frac{xx \times 20000}{aa}$ on ajoûtera le logarithme de $\sqrt{aa-xx}$. sinus complement qui est 998494. & on retranchera le logarithme de (a) ; le reste sera le logarithme de $\frac{xx \times \sqrt{aa-xx} \times 20000}{a^3} = 311197$. qui donne 1294. valeur de la force laterale perpendiculaire. C'est ainsi que nous avons calculé notre premier Table.

45. Appliquons maintenant la méthode de se servir de la Table à un éxemple, ayant mené la ligne *MVX* &c. perpendiculaire à la ligne de la route *BL*, & prolongés les lignes *MN* en (e), *NP* en (f), & *Mn* en g; si l'angle *NMB* est de 30. degrez, les angles *MNP*, *NPQ*, *Mnp*, &c. chacuns de 165. degrez, & l'angle *MBL* de 6. degrez, on aura l'angle *BMV* de 84. degrez, & l'angle *RMV* de 54. & par conséquent l'angle d'incidence *MRV* de FIG. 12.

Digitized by Google

36. égal à l'angle *MeX*; or l'angle *SNe* suplement de l'angle *MNP*, eſt de 15. lequel étant retranché de l'angle *NeX* = 36. reſtera l'angle d'incidence *NSe* ſur le côté *NP* de 21. égal à l'angle *sfT*, à cauſe des paralleles *SX*, *fT*, & pour avoir l'angle d'incidence *PTT* ſur le côté *PQ*, on retranchera de l'angle *PfT* de 21°. l'angle *TPf* de 15. & l'on aura l'angle *PTT* de 6. degrez. On trouvera l'angle *Mru*, en retranchant l'angle *BMr* = 30°. de l'angle *BMu* = 96°. le reſte ſera l'angle *rMu* de 66. dont le complement eſt l'angle d'incidence *Mru* de 24° égal à l'angle *Mgx*, duquel ayant retranché l'angle *Sng* = 15°. reſtera l'angle d'incidence *nsx*, ſur le côté *np*, de 9. degrez. Ayant trouvé tous les angles d'incidence pour chaque côté, on prendra dans la Table les valeurs des forces laterales, paralleles & perpendiculaires, & on pourra diſpoſer le tout en cette ſorte.

Côtés.	Angle d'incidence.	Laterales paralleles.	Laterales perpendiculaires.
MN	36°	4161	5590
NP	21	921	2398
PQ	6	23	217
MN	24	1345	3023
np	9	76	483

Or il eſt évident (par l'art. 40) qu'ayant pris *BF*, égale à la ſomme de toutes les laterales paralleles, qui eſt ici de 6526. & *BE* égale à 4699. difference entre la ſomme des laterales perpendiculaires des côtés *MN*, *NP*, *PQ*, & la ſomme des mêmes laterales perpendiculaires des côtés *Mn*, *np*, on formera le paralelograme *BE*, *OF*, dont la diagonale *BO* donnera

nera

Digitized by Google

nera la direction & la grandeur de la force moyenne de l'eau ; & enfin pour avoir l'angle *LBG* de la ligne de la route, & celle de la force mouvante égale à l'angle *FBO*, dans le triangle rectangle *BFO*, on fera comme *BF* 6526. eſt à *FO* 4699. Ainſi le ſinus total 100000. à la tengante de l'angle *FBO*, 72004. laquelle tengante répond à 35 . 45'. Ainſi l'angle *MBG* ſera de 41 . 45'. & l'angle *MBD* de la voile & de la quille ſera de 48°. 15'.

46. La figure d'un Vaiſſeau étant telle qu'on puiſſe regarder ces tranches horiſontales comme des poligones rectiſlignes, on pourra par cette méthode trouver toutes les ſituations de la voile pour tous les degrez des angles de la dérive, & en dreſſer une Table, par le moyen de laquelle connoiſſant la ſituation de la voile, on aura la route & la dérive, ou réciproquement.

47 Mais quoiqu'on conſtruiſe des Vaiſſeaux de bien des formes différentes, il n'y en a peut-être aucun, dont les plans ou tranches de leurs coupes horiſontales ſoient des figures rectiſlignes. Car on a preſque toujours préféré les formes courbes ; & cela par deux avantages eſſentiels. Le premier, que les impulſions des fluides ſur les ſurfaces courbes ſont bien moindres que ſur les ſurfaces planes de même étenduë, comme nous le ferons voir dans la ſection ſuivante ; & qu'ainſi en recourbant la prouë, & même tout le bordage des Vaiſſeaux, ils trouvent beaucoup moins de réſiſtance à fendre l'eau, que s'ils étoient formés par des ſurfaces planes ; avantage que les premiers conſtructeurs de Navires ont reconnu par experience, ou même par une connoiſſance naturelle à tous les hommes, qui les porte à juger de pluſieurs effets mécaniques, ſans les apprecier. Le ſecond avantage eſt, comme l'on ſçait en Géometrie, que les ſurfaces courbes renferment plus d'eſpaces, ou ont plus de ca-

Digitized by Google

pacité que les ſurfaces planes de même circuit.

48. Quoique la théorie des impulſions des fluides ſur des ſurfaces courbes, ſoit une partie des plus profondes & des plus abſtraites de l'application de la Géometrie aux mécaniques, on ſurmonteroit cette difficulté, ſi les courbures qu'on donne aux Vaiſſeaux étoient regulieres, géometriques, ou mécaniques; mais comme les conſtructeurs donnent aux formes de leurs Vaiſſeaux, les contours & les courbures qu'ils jugent les plus convenables, ſans connoître ni la nature de ces courbes, ni leurs proprietés, ces courbes ſont preſque toujours irregulieres, & même différentes dans les différens Vaiſſeaux. Mais ſi ces irregularités peuvent nous priver de l'éxactitude géometrique, nous pouvons cependant approcher aſſez près des juſtes déterminations de la voile, route & dérive; pour que la différence ne ſoit pas ſenſible dans la pratique, ſoit en inſcrivant des poligones dans ces courbes, ſoit en traitant ces mêmes courbes comme des courbes regulieres qui leur ſoient à peu près ſemblables.

49. On doit diſtinguer deux principales courbures dans tous les Vaiſſeaux ordinaires, l'une verticale, & l'autre horiſontale. On aura la premiere, ſi l'on ſupoſe les côtés du Vaiſſeau coupés par un plan vertical perpendiculaire à la quille, & la ſeconde en le ſupoſant coupé par un plan horiſontal. D'où il ſuit que toutes les tranches horiſontales de la carene ne ſont pas égales, & qu'elles doivent diminuer à meſure que la tranche eſt priſe plus près de la quille ou du fond du Vaiſſeau. Soit par éxemple, *agfK*, le plan de la tranche horiſontale du Vaiſſeau coupé à la hauteur *AF.blen*, celui de la tranche à la hauteur *BE*, & *codp*, la tranche à la hauteur *CD*, &c. Or on peut prendre ſans erreur ſenſible tous ces plans ou toutes ces tranches pour des courbes ou figures ſemblables, quoiqu'elles puiſſent être un peu differentes; & de plus

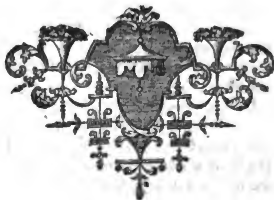
on ne doit point avoir égard à la courbure de la coupe verticale perpendiculaire à la quille. Car 1°. pour parvenir à la détermination de la route, de la dérive, & de la poſition de la voile; on n'a pas beſoin de connoître l'effort abſolu de l'impulſion de l'eau contre la proüe & le corps du Vaiſſeaux, puiſqu'il ne s'agit que de connoître la détermination moyenne de la réſiſtance de l'eau, & il eſt bien évident que toutes les tranches étant ſemblables, le raport entre les réſiſtances de l'eau faites de part & d'autre de la ligne de la route, ſera le même pour toutes, & que par conſéquent les déterminations des réſiſtances moyennes de toutes les tranches feront ſur une même ligne, & ne feront qu'une ſeule & même détermination, comme ſi toutes les tranches étoient égales & ſemblables, poſées immédiatement les unes ſur les autres.

Si l'on ne peut pas ſupoſer ſans quelque erreur ſenſible, que les tranches horiſontales de la carene ſont des plans ſemblables, alors on pourra faire les calculs des mêmes déterminations pour pluſieurs tranches priſes à différentes diſtances de la quille. Après quoi il ſera aiſé de trouver les détermiuations moyennes entre toutes celles qu'on aura trouvées pour un même angle de la dérive à chaque tranche, & l'on approchera par cette méthode, ſi près qu'on voudra des juſtes déterminations, relativement aux differentes formes irregulieres des Vaiſſeaux. Ainſi on pourra, ſi l'on veut, dreſſer une Table des dérives & viteſſes de chaque Vaiſſeau, comme nous expliquerons plus au long dans la ſuite. Le calcul de ces Tables paroîtra pénible, mais cette peine n'eſt pas comparable à leurs grandes utilités.

50. Quoique M. Bernouille ſemble n'avoir fait aucune attention à la courbure des Vaiſſeaux priſe dans le ſens de leurs coupes verticales perpendiculaires à la quille, il y a tout lieu de croire qu'il l'a ſous-

Digitized by Google

entenduë, en prenant toutes les tranches horiſontales pour des plans ou figures ſemblables. Mais les contours de ſes tranches n'étant pas, comme nous avons dit, des courbes regulieres, on peut les raporter à quelque courbe reguliere, ou même à quelques ſegmens d'une même courbe. Nous les avons raportées, comme M. Bernoulli, à des ſegmens de cercle. Ses ſegmens ſeront pris d'un nombre de degrez plus ou moins grands, ſuivant la courbure des differens Vaiſſeaux. Nous avons calculé nos tables pour les ſegmens de 20. degrez, juſques à 60. de 5. en 5. degrez auſquels on peut raporter differentes courbures des Vaiſſeaux ordinaires. S'il y a cependant tel Vaiſſeau dont la courbure ne puiſſe pas être raportée à aucun des ſegmens de cercle depuis 20. degrez, juſques à 60°. On pourra pour lors inſcrire, comme nous avons dit, un poligone dans cette courbe, & opérer par la méthode des articles 44. & 45. & il eſt clair que plus le nombre des côtés du poligone ſera grand, plus on approchera de la vraye détermination; & qu'ainſi on pourra en approcher ſi près qu'on voudra.



Digitized by Google



SECTION V.

Des résistances & déterminations moyennes des figures curvilignes, ou des coupes horisontales des surfaces courbes mues dans l'eau, ou dans tout autre fluide.

51. SI la courbe *AMC* se mût dans le fluide, suivant la direction *PRL* perpendiculaire à son axe *AB*, ou ce qui est le même, si cette courbe étant en repos, reçoit l'impulsion du fluide, suivant la direction *LR*, pour avoir l'expression de la force moyenne de l'eau ou du fluide, & la détermination selon laquelle cette courbe est poussée par le fluide. Il faut 1°. considerer la courbe comme un poligone d'une infinité de petits côtés; 2°. trouver par la méthode de l'art. 36. les expressions des forces laterales, perpendiculaires & paralleles à la direction du fluide sur un des côtés infiniment petit de la courbe en le considerant comme fini. 3°. ces expressions seront les quantités infiniment petites, ou les differentielles des forces laterales des impressions du fluide sur toute la courbe. Ainsi leurs sommes infinies ou leurs integrales, seront les valeurs des forces laterales, perpendiculaires & paralleles à la direction du fluide. 4°. On prendra (comme dans les art. 40. 42. 43.) *BE* égale à la laterale perpendiculaire, & *BF* égale à la laterale parallele; la diagonale *BO* du rectangle *BFOE*, marquera la détermination & la quantité de la force moyenne de l'impulsion du fluide sur toute la courbe *AMC*. Fig. 14.

Digitized by Google

52. Ayant nommé les coordonnées $AP\ x$, $PR\ y$; & mené QM infiniment proche de PR: MR sera une partie infiniment petite de la courbe, & on aura PQ, ou Rm, ou $pM = dx$. Mm, ou $pR = dy$; la droite
Fig. 9. & 14. $MR = \sqrt{dx^2 + dy^2}$. Or nous avons trouvé (art. 36.) en nommant la surface $MR(a)$, le sinus d'incidence $MP(x)$, & celui de son complement PR, y, la force laterale perpendiculaire $RK = \frac{xxy}{aa}$, & la laterale parallele $Rl = \frac{x^3}{aa}$: & nous avons ici dx au lieu de x, dy, au lieu de y, & $\sqrt{dx^2 + dy^2}$. au lieu de a; ainsi substituant simplement dx, dy, & $\sqrt{dx^2 + dy^2}$. à la place de x, y, & a, nous aurons les forces laterales de l'impulsion sur le petit côté MR, sçavoir, la perpendiculaire $RK = \frac{dx^2 dy}{dx^2 + dy^2}$. & la parallele KI, ou $Rl = \frac{dx^3}{dx^2 + dy^2}$. Ainsi si l'on prend ($\int$) pour signifier la somme infinie ou l'integrale, on aura $BE = \int \frac{dx^2 dy}{dx^2 + dy^2}$. & $BF = \int \frac{dx^3}{dx^2 + dy^2}$, & la diagonale BO du rectangle EF, marquera, comme nous avons dit, la grandeur; & la détermination de la ligne moyenne de la force mouvante, lorsque le fluide se mût contre la courbe AMC; mais si c'est la courbe qui se mût dans le fluide en repos, ou dans son milieu résistent, cette même diagonale BO marquera la grandeur & la détermination de la résistance moyenne; c'est-à-dire, que pour faire mouvoir la courbe AMC dans la direction PRL, il faudroit, pour vaincre la résistance du milieu, la tirer ou la pousser dans la direction de la diagonale BO, avec une force exprimée par cette même diagonale.

53. Mais pour avoir les integrales ou les valeurs des forces laterales BE, BF, il faut connoître la na-

Digitized by Google

ture de la courbe *AMC*, & prendre dans son équation les valeurs de dy en dx, pour les substituer dans les deux expressions générales $BE = \int \frac{dx^2 dy}{dx^2 + dy^2}$, & $BF = \int \frac{dx^3}{dx^2 + dy^2}$, & prendre ensuite les integrales suivant les regles de ce calcul.

54. Si la courbe *AMC* est un arc de cercle, dont (a) soit le rayon, on aura l'équation au cercle $2ax - xx = yy$, de laquelle ayant pris les differences, on tirera $dy = \frac{adx - xdx}{\sqrt{2ax - xx}}$ & $dy^2 = \frac{aadx^2 - 2axdx^2 + x^2dx^2}{2ax - xx}$ substituënt 1°. la valeur de dy^2. dans $\int \frac{dx^3}{dx^2 + dy^2}$. Expression de la laterale parallele, on aura . . . . . $\frac{dx^3}{\frac{dx^2 + aadx^2 - 2axdx^2 + xxdx^2}{2ax - xx}} = \frac{dx^3}{\frac{aadx^2}{2ax - xx}} = \frac{2axdx - xxdx}{aa}$, dont l'integrales est $\frac{xx}{a} - \frac{x^3}{3aa}$ pour la valeur de l'impression laterale du fluide parallele à la direction. 2°. Substituant les valeurs de dy, & de dy^2 dans $\int \frac{dx^2 dy}{dx^2 + dy^2}$. expression de la laterale perpendiculaire, on aura $dx^2 dy = dx^2 \times \frac{adx - xdx}{\sqrt{2ax - xx}} = \frac{\overline{a - x} \times dx^3}{\sqrt{2ax - xx}}$ & $dx^2 + dy^2 = \frac{aadx^2}{2ax - xx}$. divisant donc $\frac{\overline{a - x} \times dx^3}{\sqrt{2ax - xx}}$ par $\frac{aadx^2}{2ax - xx}$ on aura $\frac{dx^2 dy}{dx^2 + dy^2} = \frac{\overline{a - x} \times \overline{2ax - xx} \times dx}{aa\sqrt{2ax - xx}}$ qu'on réduit à, $\frac{\overline{a - x} \times \sqrt{2ax - xx} \times dx}{aa}$. En multipliant le numerateur & le dénominateur par $\sqrt{2ax - xx}$, & divisant ensuite par $2ax - xx$ On trouvera enfin que l'integrale de cette differentielle est $\frac{\overline{2ax - xx}^{\frac{3}{2}}}{3aa} = \frac{\overline{2ax - xx} \times \sqrt{2ax - xx}}{3aa}$ pour la valeur de la laterale perpendiculaire, on aura

donc $BF, BE :: \int \frac{dx^3}{ax^2 \times dy^2} . \int d \frac{dx^2 dy}{dx^2 \times dy^2} :: \frac{xx}{a} - \frac{x^3}{3aa} . \frac{\overline{2ax-xx} \times \sqrt{2ax-xx}}{3aa}$.

55. Si l'on fait $x = a$, l'arc AMC ſera un quart de cercle, & on aura $BF = \frac{2}{3} a$ & $BE = \frac{1}{3} a$, la diagonale $BO = a \sqrt{\frac{5}{9}}$, donnera la grandeur & la détermination de la réſiſtance moyenne du quart de cercle.

56. Si l'on veut voir l'expreſſion de la réſiſtance ou de l'effort du fluide ſur le demi cercle ACV, ayant fait pour le quart de cercle AC le parallelograme EF. Et pour le quart CV, l'autre parallelograme eF, on verra clairement (comme aux articles 39. 41. & 42.) que les laterales perpendiculaires ſe détruiſent, étant directement opoſées & égales, & qu'ainſi le demi cercle ſera pouſſé dans la direction du fluide LF, avec une force exprimée par BK double de BF, égale à $\frac{4}{3} a$. On peut auſſi conſiderer que chaque quart de cercle étant pouſſé avec une force exprimée par BO dans les directions BO, Bo, la diagonale BK du parallelograme BO, Ko ſera par les principes des mouvemens compoſés, la grandeur & la direction de la force avec laquelle le demi cercle eſt pouſſé par le fluide.

57. Un arc de cercle étant donné en degrez, on aura les expreſſions en nombre des forces laterales en prenant le rayon (a), ou le ſinus total de 100000. parties, & ſubſtituant le ſinus verſe de l'arc donné à la place de (x), ſi par exemple l'arc AR eſt de 36. degrez, on aura le ſinus verſe $x = 19098$. & le ſinus total $a = 100000$. ſubſtituënt ces valeurs de (a) & de (x) dans les deux expreſſions des forces laterales, on trouvera, en achevant le calcul, la laterale parallele $\frac{xx}{a} - \frac{x^3}{3aa} = 3415$. & la laterale perpendiculaire

diculaire $\frac{\overline{2ax-xx} \times \sqrt{2ax-xx}}{3aa} = 6738$. l'on peut remarquer que $\sqrt{2ax-xx} = y$ étant le ſinus droit de l'arc, la laterale perpendiculaire eſt égale au cube du ſinus droit diviſé par le triple du quarré du rayon. C'eſt ainſi que nous avons calculé la Table 11. des forces laterales pour tous les arcs du quart de cercle de 30. en 30. minutes.

58. Les coupes horiſontales d'un Vaiſſeau étant compoſées de deux ſegmens de cercle *MAH*, *MaH*; pour déterminer les ſituations de la voile, ſuivant les differentes routes & dérive: Je commence par le cas le plus ſimple, qui eſt lorſque la dérive eſt nulle, ou que la ligne de la route eſt dans la direction de la quille. Or il eſt aiſé de voir que dans ce cas la quille *BM* partage également les efforts de la réſiſtance de l'eau faite ſur les deux côtés *MA*, *Ma* de la prouë ou de l'avant du Vaiſſeau; ces deux côtés étant deux arcs de cercle parfaitement égaux, ainſi les forces totales de la reſiſtance ou de l'action de l'eau ſur ces deux arcs étant égales, les laterales paralleles ſont égales auſſi-bien que les laterales perpendiculaires; mais comme dans l'article 39. les deux forces perpendiculaires étant égales & directement opoſées, ſe détruiſent mutuellement. Ainſi la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve, dans ce cas, à fendre l'eau, ſera exprimée par la ſomme des laterales paralleles. La ligne de la force mouvante *BG* tombera ſur celle de la route *BL*, & ſur la quille *BM*. la voile *DC* ſera perpendiculaire à la quille & à la route, & le Vaiſſeau ſera vent arriere. Si l'on méne les paralleles *AL*, *al* à la ligne de la route *Bl*, l'eſpace compris entre ces deux paralleles, marquera la largeur de l'eau déplacée par le ſillage du Vaiſſeau, ou la trace navalle. FIG. 17.

59. Le raport entre la longueur *MH* de la corde commune des ſegmens égaux *MAH*, *MaH*, & la

Digitized by Google

largeur *A a* fera connoître aiſément le nombre des degrez des arcs *M A*, *M a*, avec lequel on prendra dans la Table 11. les deux réſiſtances laterales paralleles, dont la ſomme ſera la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe. Si par éxemple chaque ſegmens *M A H*, *M a H*, eſt de 30 degrez, les arcs *M A*, *M a*, feront de 15 . mais la ligne *A a*, qui diviſe les ſegmens, & la corde commune en deux parties égales, étant prolongée de part & d'autre, paſſe par les centres *K* & *k*, des deux quarts de cercle *A M R*, *a M r*; ainſi la ligne de la route *B L* eſt perpendiculaire ſur les rayons *A K*, *a K*, & l'on trouvera dans la Table vis-à-vis de 15. degrez la laterale parallele de 114 $\frac{762}{1000}$, dont le double 229 $\frac{524}{1000}$ ſera l'expreſſion de la réſiſtance moyenne que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau ou la valeur du côté *B F* du rectangle des forces laterales. Donc l'autre côté *B E* ou *F O* eſt dans ce cas égal à zéro, puiſque les laterales perpendiculaires ſe détruiſent par leurs égalitez ou équilibres; ainſi la diagonale *B O* tombe ſur *B F*, & lui eſt égale.

Fig. 18. 60. Si la route du Vaiſſeau *B L* n'eſt point parallele à la quille, ou que le Vaiſſeau dérive de la quantité de l'angle *M B L*, pour trouver la ligne de la force mouvante *B G*, & par conſéquent la ſituation de la voile *D C*, on menera par *M* & par *H* les paralleles *M N*, *H I* à la route *B L*, & ayant diviſé les arcs *M N*, *H I*, en deux également aux points *A*, & (*a*), on menera par ces deux points les lignes *A K*, *a k*, perpendiculaires à la ligne de la route *B L*, ces perpendiculaires paſſeront par les centres *K* & *k* des quarts de cercle *A M R*, *a M r*, puiſqu'elles ſont perpendiculaires ſur les cordes *M N*, *H I*. Or il eſt clair que l'action de la réſiſtance de l'eau ne ſe fait que ſur les arcs *M A*, *M a*, les lignes *A l*, *a l*, paralleles à la route, étant tangentes

aux points *A* & *a*; tout se réduit donc ici à trouver 1o. la valeur des arcs *MA*, *Ma*; 2o. prendre dans la Table 11. les expressions de leurs résistances laterales perpendiculaires & paralleles; 3o. & de même que dans l'article 42. *BF* est égale à la somme des laterales paralleles, & *BE* égale à la difference entre la laterale perpendiculaire sur l'arc *MA*, & la même sur l'arc *Ma*; car, comme nous avons dit plusieurs fois, ces deux forces sont directement opposées & se détruisent mutuellement. 4o. La diagonale *BO* marquera la grandeur & la détermination de la résistance moyenne; ainsi *BG* sera la ligne de la force mouvante, & la perpendiculaire *DC* la situation de la voile, l'espace entre les paralleles *Al*, *al*, marquera la largeur de l'eau du Vaisseau ou la trace navalle.

61. Les degrez des segmens *MAH*, avec l'angle *MBL*, étant connus pour trouver la valeur des arcs *MA*, *Ma*, on voit d'abord que les angles *MHI*, *HMN* sont égaux entr'eux, & à l'angle donné *MBL*, à cause des paralleles, *BL*, *HI*, *NM*; mais ces angles ont pour mesures la moitié de l'arc *MI* ou *HN*; donc ces mêmes arcs valent chacun le double des degrez de l'angle donné *MBL*. Donc les arcs *IAH* & *MaN*, sont connus & leurs moitiés *IA*, *Ma*, & par conséquent l'arc *MA*: si les segmens ou les arcs *MAH*, *MaH*, sont par éxemple de 40. degrez, & l'angle de la dérive *MBL* de 5 degrez, les arcs *MI*, *HN*, seront de 10. degrez, & les arcs *IAH*, *MaN*, de 30. ce qui donne l'arc *MA* de 25 degrez, & *Ma*, de 15. on trouvera dans la Table 11. les résistances laterales, & on les disposera en cette sorte.

Digitized by Google

	Laterales paralleles.	Laterales perpendiculaires.
Arc de 25°.	$850.\frac{367}{1000}$.	. . . . . 2516.
Arc de 15°.	$114.\frac{262}{1000}$.	. . . . . $577.\frac{667}{1000}$.

On prendra $BF = 964.\frac{639}{1000}$. sommes des laterales paralleles, & $BE = 1938.\frac{333}{1000}$ difference des laterales perpendiculaires. Enfin dans le triangle rectangle FBO, on dira comme BF, $\frac{964639}{1000}$, est à FO $\frac{1938333}{1000}$. Ainsi le sinus total, sera à la tengente de l'angle FBO égal à l'angle LBG, qu'on trouvera de 63. degrez 32. minutes, dont le complement ou l'angle LBD de la voile & de la ligne de la route sera de 26°. 28'. & par conséquent l'angle MBD de la quille & de la voile de 21°. 28.

62. Il est évident que l'angle MBL augmentent, les arcs MN, HI diminuent, & que lorsque cet angle a pour mesure un arc égal à la moitié du segment MAH, les lignes HI, MN sont tangentes aux points H & M. Car les angles MHI, HMN ne peuvent avoir pour mesures la moitié des arcs MAH, ou MaH, que lorsque les lignes HI, MN sont tangentes de ces arcs. D'où l'on voit que pour lors l'action de la résistanee de l'eau ne se fera que sur le côté MAH. Ainsi pour trouver dans ce cas la grandeur & la détermination de la résistance moyenne, on prendra BF égale à la laterale parallele de l'effort fait par la résistance de l'eau sur l'arc HM, & BE égale à la laterale perpendiculaire. La diagonale BO donnera la détermination de la résistance moyenne, & dans le triangle rectangle OFB, on trouvera l'angle OBF égal à l'angle LBG,

dont le complement sera l'angle de la voile & de la ligne de la route, &c. Si l'arc *M H* est, par exemple, de 40. degrez, & l'angle *M B L* de 20. la laterale parallele sur cet arc, sera 5046. & la perpendiculaire 8852. $\frac{2}{3}$; d'où l'on trouvera l'angle *F B O* de 60. degrez 19. minutes; & par conséquent l'angle *L B D* de la voile & de la route de 29. dégrez 41 : & l'angle *M B D* de la quille & de la voile de 9'. 41.

63. S'il arrive que l'angle *M B L* soit plus grand que la moitié de l'arc *M H*, ou ce qui est le même, que la mesure de cet angle soit d'un plus grand nombre de degrez que la moitié du segment *M H*, on menera du centre *K*, du segment *K A* perpendiculaire à la ligne de la route *B L*, & *K R* parallele; on achevera le quart de cercle *A H M R*; cela fait, il est visible que dans ce cas, comme dans le précédent, la résistance de l'eau ne se fait que sur le côté *M H*. Pour donc avoir les résistances laterales sur cet arc, on prendra dans la Table celles de tout l'arc *A M*, desquelles on retranchera celles de l'arc *A H*, les restes feront les résistances laterales de l'arc *H M*, & on prendra, comme cy-dessus, *B F* égale à la laterale parallele, & *B E* égale à la perpendiculaire, & on opérera de même. FIG. 19.

64. L'arc *M H*, & l'angle *M B L* étant donnés pour trouver l'arc *A H*, on menera *S H* parallele à *B L*, ou perpendiculaire au rayon *K A*. Cela fait, il est clair que l'arc *A S* sera égal à l'arc *A G*; mais l'angle *M H l*, ou *M B L* a pour mesure la moitié de l'arc *H M*, plus la moitié de l'arc *H S*, ou l'arc *A H*; ainsi pour avoir les degrez de l'arc *A H*, on retranchera les degrez de la moitié de l'arc *M H* de la valeur de l'angle *M B L*, le reste sera la valeur de l'arc *A H*. Si par exemple, le segment *M H* est de 30. degrez, & l'angle de la dérive *M B L* de 20. degrez, ôtant 15. de

Digitized by Google

20. on aura l'arc *A H* de 5. degrez, & par conféquent l'arc *A M* de 35., & on prendra dans la Table 11. les réfiftances laterales fur ces arcs de 35. & de 5. degrez qu'on pourra difpofer ainfi.

	Laterales paralleles.	Laterales perpendiculaires.
Arc de 35°	$3073.\frac{2}{3}$	$6290.\frac{68}{1000}$
Arc de 5°.	$1.\frac{45}{100}$	22.

Ayant retranché les laterales de l'arc de 5. degrez de celle de l'arc de 35. on aura, en abandonnant les fractions, la laterale parallele fur l'arc *H M* de 3073. pour le côté *B F*, & la perpendiculaire de 6268. pour le côté *B E*, d'où l'on trouvera enfin l'angle *F B O* = *L B G* de 63. degrez 53. minutes, & fon complement *L B D* de 26. deg. 7. min. l'angle *M B G* de 83. deg. 53. min. & l'angle *M B D* de la voile & de la quille de 6. deg. 7. min. C'eft-là le premier éxemple de M. Bernoully, page 87. de fa Manœuvre, dont le calcul eft infiniment plus long.

FIG. 20. 65. Si l'angle de la dérive *M B L* augmente jufques à faire paffer la pointe de la prouë *M* au-delà du quart de cercle ou du point *R*, on réfoudra aifément ce cas, en confiderant que l'angle de la dérive *M B L* a pour mefure la moitié de l'arc du fegment *H M*, plus l'arc *H A*. Retranchant donc la moitié de l'arc du fegment de l'angle de la derive, on aura la valeur de l'arc *A H*, & par conféquent celle des arcs *A H M*, & *M S*. Ainfi des réfiftances laterales fur tout le quart de cercle *A R*, on en retranchera celle de l'arc *A H*, pour avoir celles de l'arc *H R*, & des laterales fur le même quart de cercle, ou le quart *S R*, on retranchera celles de l'arc *S M*, pour avoir celles de l'arc *M R*; la fomme des laterales paralleles fur les

Digitized by Google

arcs *R H, R M*, sera la valeur de *B F*, & la difference entre les laterales perpendiculaires des mêmes arcs, sera celle de *B E*, on achevera le reste comme aux articles précédens.

66. Si l'on supose enfin, que l'angle de la dérive soit droit, dans ce dernier cas, la voile sera parallele à la quille la ligne de la force mouvante sera comme dans le premier cas, la même que celle de la route, le côté *B E* du parallelograme des expressions laterales sera égal à zéro; car dans ce cas *B L* divise le segment *M H* en deux également au point I. ce qui fait que les laterales perpendiculaires sur les arcs *M I, H I*, se détruisent. Ainsi *B F*, ou *B O*, égale à la somme des laterales paralleles sur les arcs *M I, H I*, sera l'expression de la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau par le côté. Or l'arc *H I* étant connu, l'arc *H A* l'est aussi. Donc pour avoir la laterale parallele sur l'arc *H I*, de la même laterale sur tout le quart *A I*, on retranchera celle de l'arc *A H*, & on aura celle de l'arc *H I*, laquelle étant doublée, donnera celle de l'arc *H M*, ou la valeur de *B F*. FIG. 21.

Des six cas dont nous venons de parler, les deux premiers sont presque les seuls qui se présentent dans la pratique; car, comme nous avons dit, (art 23.) plus on veut serrer le vent, plus l'angle de la dérive augmente; en sorte que pour vouloir trop serrer le vent, on perdroit par la dérive, laquelle, comme l'on dit, feroit échouer & abbatre le Navire. Les autres cas, particulierement les deux derniers, ne peuvent avoir lieu que dans les cas qu'on laisse aller le Vaisseau à la dérive côté de travers.

68. Par le premier cas on trouve l'expression de la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau par sa pointe, ou par la prouë, & par le dernier celle qu'il trouve à fendre l'eau par son côté. Ainsi connoissant à quel segment de cercle on peut raporter les

Digitized by Google

tranches horisontales d'un Vaisseau, on trouvera par ces deux cas le raport entre la resistance du Vaisseau à fendre l'eau par sa pointe, & sa résistance à fendre l'eau par son côté. Si les segmens sont de 20. degrez, la résistance du Vaisseau par le côté sera 747 fois plus grande que sa résistance à fendre l'eau par sa pointe; si l'angle de la prouë est de 25. degrez, la resistance par le côté sera 380. fois plus grande que par la pointe; de 30. degrez, 220. de 35. d. 138. fois. de 40 degrez 92 fois. de 45. 64. fois, de 50. deg. 46 fois de 55. deg. 35. fois; & de 60. deg. 27. fois. J'ai mis ces raports de résistances pour les Vaisseaux, qu'on peut raporter aux segmens depuis 20. jusques à 60. degrez de 5. en 5. parce que ce sont les mêmes pour lesquels j'ai fait les Tables de Manœuvre.



Digitized by Google



SECTION VI.

Du raport des vitesses d'un Vaisseau, suivant les differentes routes qu'il parcourt, & les situations de la voile & de la ligne du vent.

68. ON peut voir par tout ce qui a été dit dans la Section précédente, que supposant le Vaisseau mû dans toutes ces differentes routes avec une même vitesse, les diagonales *BO* exprimeront dans ce cas les differentes résistances moyennes de l'eau ; mais si les vitesses sont différentes dans les différentes routes du Vaisseau, les résistances moyennes seront, par l'art. 5., en raison composée de celle des diagonales *BO*, & de la raison doublée des vitesses. Soit *BO*, & *bo*, les diagonales ou les expressions des résistances moyennes de deux différentes routes, il est clair que si les vitesses sont les mêmes dans chaque route, les résistances moyennes seront comme *BO*, à *bo*. Mais si *V* est la vitesse dans la premiere route, & (*v*) celle de la seconde, les resistances moyennes seront entr'elles comme $VV \times BO$ est à $vv \times bo$. Or si l'on suppose que l'action du vent sur la voile, ou la force mouvente est la même dans ces differentes routes, cette force étant toujours égale à celle de la résistance moyenne, on aura $VV \times BO = vv \times Bo$, & par consequent $VV.vv :: Bo$ BO; ce qui montre que les quarrés des vitesses d'un Vaisseau, dans ces differentes routes, sont en raison reciproques des diagonales du parallelograme des resistances laterales. Mais $V.v :: \sqrt{Bo}. \sqrt{BO}$; donc ces vitesses sont en raison sous-doublées reciproques des mêmes diagonales. Or il est clair que la plus grande vi- FIG. 12.

teſſe du Vaiſſeau doit ſe faire dans le cas que la ligne de la route eſt la même que celle de la quille, ou que la dérive eſt nulle; & c'eſt auſſi, dans ce premier cas que la diagonale *B O*, eſt la plus petite.

69. D où il ſuit que ſi l'on prend un nombre comme 1000. pour l'expreſſion de la plus grande viteſſe, ou la viteſſe du premier, cas on trouvera les viteſſes ſuivant toutes les autres directions par cette analogie, comme la racine de la diagonale *B O*, pour une direction donnée, eſt à la racine de la diagonale de la direction directe, ou du premier cas; ainſi la viteſſe 1000. ſera à la viteſſe de la direction donnée. Ainſi on ajoûtera le logarithme de 1000. au logarithme de la racine de la plus petite diagonale, & de cette ſomme conſtante on retranchera les logarithmes des racines de chaque diagonales les reſtes ſeront les logarithmes des viteſſes proportionelles à la plus grande 1000. Si l'on veut avoir, par éxemple, la viteſſe d'un Vaiſſeau, dont les tranches horiſontales ſe peuvent raporter aux ſegmens de 30. degrés; on aura la petite diagonale ou la moindre réſiſtance de 230. dont le logarithme eſt 236170. La moitié de ce logarithme eſt 118085. pour le logarithme de la racine, auquel ajoûtant le logarithme de 1000. qui eſt 300000. on aura 418085. ſomme conſtante pour tous les cas. Si l'angle de la dérive eſt de 3. degrés, on trouvera, en faiſant le calcul du triangle rectangle *B F O*, que le logarithme de la diagonale *B O* eſt 286992. dont la moitié 143496. logarithme de la racine, étant retranchée de 418085. reſte 274589. pour le logarithme de la viteſſe, qu'on trouve de 557. ſi l'on prend la plus grande diagonale ou l'expreſſion de la réſiſtance du Vaiſſeau à fendre l'eau par le côté, qui eſt 50608. dont le logarithme eſt 470422, & ſa moitié 235211. logarithme de la racine, étant ôtée de 418085. reſte 182874. pour le logarithme de 67. viteſſe, avec laquelle le Vaiſſeau fendroit l'eau par ſon côté, étant

Digitized by Google

poussé par le vent avec la même force qui donne la vitesse 1000. au même Vaisseau en fendant l'eau par sa pointe. C'est par cette méthode que nous avons calculé nos Tables des vitesses du Vaisseau correspondantes à chaques déterminations de la voile, route & dérive.

70. Les raports que nous venons de trouver entre les differentes vitesses d'un Vaisseau, seront toujours les mêmes, soit que l'action ou la force du vent sur les voiles augmente ou diminue, pourvû que l'augmentation ou diminution soit égale dans l'un & l'autre cas; or cette force peut augmenter ou diminuer par deux causes principales; la premiere, par les differents angles d'incidence du vent sur les voiles; & la seconde, par les differentes forces ou vitesses du vent. Mais la résistance moyenne de l'eau étant toujours égale à la force du vent sur les voiles ou à la force mouvante, la diagonale BO, expression de la résistance moyenne, doit augmenter ou diminuer de la même quantité, dont la force mouvante ou la force du vent sur les voiles augmente ou diminuë. Donc si pendant qu'un Vaisseau suit une même route; gardant toujours une même situation de voile par rapport à la quille, on supose que la ligne ou le rumb de vent vient à changer, ou ce qui est le même, que le sinus d'incidence du vent sur les voiles augmente ou diminuë: alors la résistance moyenne ou la diagonale BO augmentera de grandeur sans changer de position. Soit S, le premier sinus d'incidence du vent sur les voiles, & s le second. BO, la premiere diagonale, & Bo la seconde, & enfin V, la premiere vitesse du Vaisseau &, v la seconde. Puisque les impulsions sont comme les quarrez des sinus d'incidence, on aura $BO, Bo :: SS, ss$, & $\sqrt{BO}\ \sqrt{Bo} :: S, s$. Mais $V, v :: \sqrt{BO}, \sqrt{Bo}$. Donc $V, v :: S, s$, d'où l'on voit que dans ce cas les vitesses du Vaisseau sont dans la raison simple des sinus d'incidence du vent sur es voiles.

71. Si dans le temps qu'un Vaiſſeau ſuit une même route, gardant une même ſituation de voile tant par rapport à la quille, que par rapport au rumb de vent: le vent vient à ſe renforcer ou à diminuer; & ſi l'on peut parvenir à connoître avec quelque éxactitude ces varietez, ou les differentes viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles. Dans ce cas les viteſſes du Vaiſſeau feront entr'elles dans la même raiſon que les viteſſes du vent; car par l'article 2. les efforts du vent ſur les voiles étant comme les quarrés des viteſſes, & les réſiſtances moyennes de l'eau étant toujours égales aux efforts du vent, ou à la force mouvante; la diagonale BO, en gardant la même ſituation, augmentera ou diminuëra dans le rapport du quarré des viteſſes du vent. Soit X, une premiere viteſſe du vent, & (x) la ſeconde: BO, la premiere diagonale, & Bo, la ſeconde; on aura $XX, xx :: BO, Bo$, & $X. x :: \sqrt{BO}$ $\sqrt{Bo}$, mais $V, v :: \sqrt{BO}, \sqrt{Bo}$, donc $V, v :: X, x$, ce qui montre que dans ce cas les viteſſes du Vaiſſeau ſont dans la même raiſon que les viteſſes du vent.

72. Il ſuit des trois principes précédens ſur les viteſſes d'un Vaiſſeau, que lorſqu'un Navire fait route ſous des angles de la voile & de la quille differens, & ſous differens angles d'incidence du vent ſur les voiles, ces viteſſes feront entr'elles en raiſons compoſées de la raiſon ſous doublée réciproque des réſiſtances moyennes, ou des diagonales BO, & de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence.

73. Mais ſi le Vaiſſeau fait route ſous différens angles de la quille & de la voile, pouſſé par différentes forces ou viteſſes du vent, pendant que l'angle d'incidence du vent ſur la voile reſtera le même; les ſillages ou les differentes viteſſes du Vaiſſeau feront entr'elles en raiſons compoſées de la raiſon ſous doublée réciproque des diagonales, & de la raiſon ſimple des viteſſes.

74. Si l'angle de la voile & de la quille reſtant le

Digitized by Google

même : le ſinus d'incidence du vent ſur la voile, & la viteſſe du vent varient, les viteſſes du Vaiſſeau ſeront entr'elles en raiſon composées de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence, & de la raiſon ſimple des viteſſes du vent.

75. Et enfin ſi un Vaiſſeau fait route ſous différens angles de la voile & de la quille, ſous différens angles d'incidence du vent ſur les voiles, & ſous différentes viteſſes du vent : les viteſſes du Vaiſſeau ſeront entr'elles en raiſons composées de la raiſon ſous doublée reciproque des diagonales, de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence & de la raiſon ſimple des viteſſes du vent. Les principes & les regles que nous venons de donner ſur les differentes viteſſes d'un Vaiſſeau, ſupoſent que la viteſſe du vent eſt infiniment plus grande que celle du Vaiſſeau, ou que la quantité dont le Vaiſſeau fuit ou perd au vent eſt nulle par rapport à la rapidité du vent, au lieu que pour parvenir à une éxacte détermination des viteſſes, il faudroit avoir égard à la quantité dont le Vaiſſeau perd au vent, & ne prendre que la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles, c'eſt à dire l'excès de la viteſſe du vent ſur celle dont le Vaiſſeau fuit le vent. Or le Vaiſſeau fuit le vent lorſque, comme nous avons dit, l'angle de la ligne de la route & de celle du vent eſt obtus. Pour faire entrer cette conſidération, on auroit rendu les calculs beaucoup plus compliqués, ſans y apporter par là un degré d'éxactitude ſenſible dans la pratique; car 1o. il eſt aiſé de voir (fig. 3.) que la viteſſe du Vaiſſeau eſt à la quantité dont il perd au vent, comme le ſinus total eſt au ſinus du complement de l'angle *L B A*, de la route & de la ligne du vent, & que par conſéquent cette quantité eſt d'autant plus petite que l'angle *B A* approche de l'angle droit, cas auquel nos déterminations ſont parfaitement éxactes. 2°. Pour avoir les viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles d'un Vaiſſeau qui fuit

Digitized by Google

le vent dans deux routes differentes il ne faudroit avoir égard qu'à la différence entre la viteſſe dans la ſeconde route ; or il eſt évident que cette difference doit être fort petite en comparaiſon de la viteſſe abſoluë du vent. Enfin il y a lieu de croire que M. le Chevalier Renaud, & M. Huguens ont paſſé pardeſſus cette conſideration, la regardant comme ne devant faire aucune difference ſenſible dans la pratique. M. Bernoully l'a regardée de même.

76. Comme un Vaiſſeau porte ſouvent plus ou moins de voile, & cela pour augmenter ou diminuer ſon ſillage ; car il eſt bien évident que plus on porte de voiles, plus on augmente le ſillage ; & qu'au contraire plus on cargue les voiles, ou ce qui eſt le même, plus on fait petite voile, plus on diminuë le ſillage, toutes choſes d'ailleurs égales. Il eſt donc important de déterminer ſuivant quel rapport le ſillage augmente ou diminuë, les différentes quantités des voiles étant connuës. Ce qui eſt facile, car ſi l'on nomme S la ſurface des voiles portées dans un tems, & s la ſurface des voiles portées dans un autre temps, les viteſſes du vent, & les angles d'incidences du vent ſur les voiles, étant ſuppoſés les mêmes dans l'un & l'autre cas, il eſt clair que les forces de l'action du vent ſur les voiles ſeront proportionnelles aux ſurfaces des voiles ; ainſi F exprimant la force du vent ſur les voiles dans le premier cas, & f celle du ſecond cas, on aura $F, f :: S, s$. Mais les réſiſtances ou les forces de l'action de l'eau ſur la prouë du Vaiſſeau étant toujours égales à la force du vent ſur les voiles, & les forces de l'eau ſur le corps du Vaiſſeau étant toujours comme les quarrés des viteſſes du même Vaiſſeau : ſi l'on nomme la viteſſe du Vaiſſeau dans le premier cas V, & celle du ſecond cas v, on aura $F, f :: VV, vv :: S\, s$. Donc $V. v :: \sqrt{S}. \sqrt{s}$. Ce qui montre que les viteſſes ou ſillages d'un Vaiſſeau ſont en raiſon ſousdoublées des ſurfaces des voiles,

Digitized by Google

ou comme les racines des mêmes ſurfaces.

77. Donc ſi les ſurfaces des voiles & les viteſſes reſpectives du vent ſur les mêmes voiles ſont différentes, les ſillages du Vaiſſeau ſeront en raiſon compoſée de la raiſon ſousdoublée des quantités des voiles, & de la raiſon ſimple des viteſſes reſpectives du vent.

78. Par les mêmes raiſons ſi les ſuperficies des voiles, les viteſſes reſpectives du vent, & les angles d'incidences du vent ſur les voiles ſont différens; les ſillages du Vaiſſeau seront dans ce cas, en raiſon compoſée de la ſousdoublée des mêmes ſuperficies, de la ſimple des viteſſes reſpectives du vent, & de la ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles.

79. Si enfin outre ces trois irregularités les angles des voiles & de la quille ſont encore differens, les ſillages du Vaiſſeau ſeront, dans ce cas, en raiſon compoſée de la ſousdoublée des ſurfaces des voiles, de la raiſon ſimple des viteſſes reſpectives du vent, de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & de la raiſon ſousdoublée reciproque des diagonales *B O*. Toutes ces choſes ſont évidentes par tout ce qui a été dit dans les articles précédens.

On voit auſſi que tout ce que nous diſons ici ſur les raports des ſillages du même Vaiſſeau, s'applique auſſi aux raports entre les ſillages de deux & de pluſieurs Vaiſſeaux.

80. Nous avons juſques ici conſideré les voiles comme des ſuperficies planes, & cependant toute voile enflée par le vent, prend toujours une courbure. Cette courbure doit produire quelque changement dans la direction de la ligne de la force mouvante; mais l'on a, comme nous avons dit dans la Préface, une méthode très-ſimple de réduire le changement cauſé par la courbure des voiles à un ſimple changement des voiles planes. Cette méthode trouvée par M. Bernoully eſt très-heureuſe par ſa ſimplicité. Nous

Digitized by Google

n'en donnerons ici que le résultat ; ceux qui voudront voir la démonstration, pourront consulter le chap. 15. du Livre de M. Bernoully.

Fig. 28. Soit *CD* une vergue ou le plan d'une voile plane, sa perpendiculaire *BG* sera la ligne de la force mouvante ; mais le vent venant à pousser cette voile dans une direction, comme *AB*, & la voile étant fléxible, elle prendra une courbure comme *CGD*. Or pour trouver le changement que cette courbure cause à la direction de la force mouvante, il faut, suivant la démonstration de M. Bernoully, tirer mécaniquement, soit par estime, ou avec deux regles ou deux ficelles, les tangentes *CF*, *DF* à la courbe *CGD* ; lesquelles tangentes se couperont au point *F*. & la ligne *BF* sera celle de la force mouvante. Ainsi la courbure de la voile aura changé la direction de la force mouvante de la quantité de l'angle *FBG*, & la perpendiculaire *cBD* à *BF* sera la position d'une voile plane, dont l'effet équivaleroit celui de la voile courbe *CGD*.

81. Comme dans l'usage de nos Tables nous supposerons que l'angle que la voile plane ou la vergue *CD* fait avec la quille, est connu en degrés, il faudroit pour la pratique, une méthode simple, pour connoître l'angle que la voile supposée *cBD* fait avec la quille, & regarder cet angle comme l'angle que la vraye voile fait avec la quille ou celui que l'on doit connoître.

Entre plusieurs méthodes que j'ai imaginé pour cela, voici celle qui m'a paru la plus simple pour la pratique. On prendra avec une fausse équerre ou autrement la valeur des angles *FCD*, *FDC*, & on fera cette proportion, comme la somme du double du sinus de l'angle *FCD* & du sinus de l'angle *CFD*, est à leur différence ; ainsi la tangente de la moitié du supplement au demi cercle de l'angle *FDC*, à la tangente d'un angle, lequel étant ajoûté à la moitié du même suplement au

Digitized by Google

au demi cercle, donnera l'angle *DBF* dont le complement sera l'angle *FBG* ou *DBd*.

Pour faire la démonstration de cette regle je nomme *CD*, $2a$, le sinus de l'angle *CFD*, S, & le sinus de l'angle *FCD*, s. Cela posé on aura, par la trigonometrie $S. 2a :: s. DF = \frac{2as}{S}$, & dans le Triangle *BDF* les côtés $BD, a. DF, \frac{2as}{S}$. seront connus avec l'angle compris *BDF*: ainsi on fera cette analogie, comme la somme des deux côtés $a + \frac{2as}{S}$. est à leurs differences $\frac{2as}{S} - a$. Ainsi la tangente de la moitié de la somme des angles inconnus, ou du suplément au demi cercle de l'angle *BDF* que je nomme t. à la tangente de la moitié de la difference des mêmes angles inconnus. Laquelle étant ajoûtée avec la moitié de la somme des angles inconnus, donnera l'angle *DBF* qu'il falloit trouver. On fera donc $a + \frac{2as}{S} . \frac{2as}{S} - a :: t$ ou $2s + S. 2s - S :: t. \frac{2st - St}{2s + S} =$ la tangente de la moitié de la difference, ce qu'il falloit démontrer.

EXEMPLE.

Si l'angle *FDC* est de 60 degrés, l'angle *FCD* de 50 degrés; l'angle *CFD* sera de 70 degrés: & on aura $s = 76604$. $2s = 153208$. $S = 93969$. donc $2s - S = 59239$. & $2 + S = 212447$. On trouvera aussi la tangente $t = 173205$. & faisant le calcul on aura $\frac{2st - St}{2s + S} = 48296$. pour la tangente de 25 degrés 46 minutes, qu'on ajoûtera avec 60 degrés pour avoir l'angle *DBF* de 85 degrés 46 minutes, ainsi l'angle *DBd* sera dans ce cas de 4 degrés 14 minutes.

Digitized by Google



SECTION VII.

THEORIE,

Du Gouvernail.

82. LA navigation d'un Vaiſſeau ſe fait par deux mouvemens principaux, l'un lui fait décrire & parcourir la Route qu'il doit faire, & l'autre le fait tourner ſur lui-même & dirige la Route : le premier eſt donné par l'action du vent ſur les voiles, & le ſecond par celle de l'eau ſur le gouvernail. Le ſecond eſt preſque auſſi neceſſaire que le premier, car ſi un Vaiſſeau n'avoit point de gouvernail, ou qu'il ne gouvernat point, comment pourroit-il diriger la Route promptement & la changer ſuivant le beſoin ? il ſeroit à tout moment exposé à de grands dangers s'il ne pouvoit revirer pour éviter les écüeils, pour fuir des Ennemis & changer de bordée, particulierement dans un combat naval. C'eſt un grand défaut lorſqu'un Vaiſſeau ne gouverne pas ou qu'il ne ſent pas aſſés ſon gouvernail. C'eſt à quoi les Conſtructeurs de Navires doivent faire attention principalement. Comme le gouvernail eſt fort petit en comparaiſon de la grandeur du Vaiſſeau, ſon effet a toujours paru merveilleux aux Philoſophes même de l'antiquité, dont pluſieurs ont *cherché* inutilement à en expliquer le mecaniſme, faute de connoître les Loix des impulſions des fluides.

83. La force du gouvernail dépend de deux cauſes principales, la premiere de la force de l'homme lorſqu'il pouſſe le timon ou la barre avec précipitation, pour faire virer le Vaiſſeau à droite ou à gauche, ou, comme l'on dit, à ſtribord ou à basbord : & la ſeconde de l'ac-

Digitized by Google

tion de l'eau, laquelle rencontre le gouvernail avec une viteſſe égale à celle du ſillage du Vaiſſeau. Cette ſeconde cauſe eſt beaucoup plus conſiderable que la premiere. Il paroit même que Mrs le Chevalier Renaud, Huguens & Bernoully, ont regardé la premiere comme nulle en comparaiſon de la ſeconde. Nous expliquerons cependant l'une & l'autre.

84. Pour rendre facilement raiſon de la premiere cauſe, ſuppoſons le Vaiſſeau *HM*, arrêté comme dans un temps calme, & que le gouvernail *HN*, étant d'abord parallele ou dans la direction de la quille un homme vient à pouſſer la barre ou le timon de *HQ* en *Hq*, & par conſequent le gouvernail en *Hn*, après avoir vaincu la réſiſtance de l'eau, or cette reſiſtance avec la force de l'homme apliquée au bout de la barre *Q*, tendent à pouſſer la poupe du Vaiſſeau dans la direction *HK*, & par conſequent à le faire virer. Car ſuppoſons pour un moment que la réſiſtance de l'eau ſoit infinie, enſorte qu'on puiſſe regarder le point *R*, milieu du gouvernail comme un point fixe, alors la force de l'homme appliquée en *Q*, aura toute la longueur *RQ*, pour bras de levier, & en pouſſant l'extrêmité de la barre de *Q*, en *q*, pouſſera par conſequent le point *H*, du côté du point *K*, mais pendant que cet homme pouſſe ainſi le bout de la barre de *Q*, en *q*, il pouſſe auſſi avec les pieds la poupe ou le point *H* avec une force égale & en ſens contraire, ou du côté du point *I*, voila donc deux forces égales directement oppoſées, appliquées l'une en *Q*, & l'autre en *H*; mais la premiere agit par le bras de levier *RQ*, & la ſeconde par le bras de levier *RH*, donc la premiere l'emportera ſur la ſeconde dans le rapport de *RQ*, à *RH*, ainſi le point *H* où la poupe du vaiſſeau ſera pouſſée du côté du point *K*: ce qui fera neceſſairement changer la direction de la quille *HM*. Fig. 22.

85. Je dis maintenant que la réſiſtance ou la force de l'eau réünie au milieu *R*, du gouvernail n'étant pas in-

Digitized by Google

finie, la poupe du Vaisseau sera toujours poussée dans la direction *RG*, ou *rg*, perpendiculaire au gouvernail, avec une force égale à celle de la résistance de l'eau contre le gouvernail; car soit f égale à cette force de l'eau réünie au point *R*. $HQ = m$. & $HR = n$, puisque le gouvernail peut tourner librement sur le point *H* il est évident que la force de l'homme appliquée en *Q*, est toujours proportionnelle à la force f, ou si l'on fait $m. n :: f. \frac{nf}{m}$, ce quatriéme terme $\frac{nf}{m}$ est toujours égal à la force que l'homme employe pour pousser le bout *Q*, du timon, car si cet homme vouloit pousser plus fort il feroit tourner le gouvernail plus vite, & augmenteroit par consequent la force f, la barre *QHR* ou *qHr*, est donc poussée en même temps dans la direction perpendiculaire *RG*, ou *rg*, avec les deux forces f, & $\frac{nf}{m}$, l'une en *R* ou *r* & l'autre en *Q*, ou *q*. Mais l'homme en poussant le bout *Q* de la barre pousse aussi en même temps avec les pieds la poupe, & par consequent le point *H*. avec une force directement opposée & égale, c'est-à-dire que pendant que la barre *QHR*. est poussée avec une force égale à $f + \frac{nf}{m}$, elle est retirée au point *H* avec une force égale à $\frac{nf}{m}$, il ne reste donc plus que la force f, avec laquelle la poupe est poussée dans la direction perpendiculaire au gouvernail. On voit évidemment que le Vaisseau virera d'autant plus vite que la force appliquée en *Q*, sera plus grande, car la force f, augmentera à mesure qu'on tournera la barre plus promptement.

Cette premiere cause a lieu, soit que le Vaisseau soit arrêté, ou qu'il fasse Route, mais la seconde n'a lieu que lors que le Vaisseau fait Route.

86. Pour expliquer facilement le mécanisme de la

Digitized by Google

seconde cause, on voit en premier lieu que lors que le gouvernail est situé parallelement à la ligne de la Route, ou qu'il fait avec le sillage du Vaisseau un angle égal à deux droits, il ne reçoit dans ce cas aucune impression de la part de l'eau, & que par consequent tant qu'il reste dans cette situation, le Vaisseau suit la même Route. Mais lorsque la ligne de la Route *BL* ou sa parallele *Rl*, fait avec le gouvernail l'angle *lRH*, la surface *HN* du gouvernail reçoit l'impulsion de l'eau avec une vitesse égale à celle du sillage du Vaisseau, & sous l'angle d'incidence *lRH.* or ayant de composé, comme dans l'art. 36. la force totale de l'impression de l'eau exprimée par *RG* en deux laterales *RK*, *KG*, perpendiculaires & paralleles à la direction *Rl*, ou *BL*, de la Route, on verra évidemment que la laterale perpendiculaire agit en poussant la poupe du Vaisseau dans la direction *RK*, perpendiculaire à sa Route, & par consequent à le faire virer pendant que la laterale parallele *KG* diminuë & retarde son sillage lui étant directement opposée; d'où l'on voit que le Vaisseau virera d'autant plus vîte que la force laterale *RK* sera plus grande, or il est clair que cette force peut augmenter par deux causes, la premiere par la vitesse du Vaisseau, ou ce qui est le même, par la vitesse de l'eau contre le gouvernail, & la seconde par l'angle d'incidence *lRH*, mais dans le temps qu'on veut virer ou changer la Route, on peut regarder la vitesse du Vaisseau comme uniforme, ainsi pour virer le plus promptement qu'il est possible, il faut trouver le sinus de l'angle d'incidence *lRH*, duquel il resulte la plus grande force laterale perpendiculaire *RK*, cet angle donnera la situation la plus avantageuse du gouvernail. Fig. 23.

87. Pour donc trouver le sinus d'incidence qui donne la plus grande force laterale *RK*, ayant pris comme dans l'article 38. *HR* pour le sinus total *HP*, sera le sinus d'incidence, & faisant $HR = a$, $HP = x$, RP sera $=$

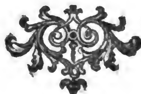
Digitized by Google

$\sqrt{aa-xx}$, & l'on trouvera, comme dans le même article, la valeur de la laterale perpendiculaire $RK = \frac{xx\sqrt{aa-xx}}{aa}$, laquelle doit être un plus grand, c'est pourquoi faisant sa difference égale à zero, on aura $\frac{2xdx\sqrt{aa-xx}}{aa} - \frac{x^3dx}{aa\sqrt{aa-xx}} = 0$ de laquelle on deduit $2 \times \sqrt{aa-xx} = \frac{xx}{\sqrt{aa-xx}}$, en multipliant tout par aa; & divisant par xdx; & enfin si l'on multiplie chaque membre de cette équation par $\sqrt{aa-xx}$. On aura $2 + \overline{aa-xx} = xx$ de laquelle on deduit $2aa = 3xx$ & $\frac{2}{3}aa = xx$. Ainsi le sinus d'incidence de l'angle le plus avantageux que le gouvernail doit faire avec la ligne de la Route est $\sqrt{\frac{2}{3}aa}$, ce sinus repond à un angle de 54. degrés 44. minutes. Voila précisement la même situation la plus avantageuse du gouvernail que Mrs le Chevalier Renaud, Huguens, Bernoully & Guinée, ont trouvé & dont nous avons parlé dans les Memoires de l'Academie de 1727. page 59. il est bon d'observer cependant que tous ces Mrs. ont supposé que le Vaisseau n'étoit point sujet à la dérive, ou du moins que la dérive étoit nulle au lieu que nous y avons eu égard, mais comme nous avons pris la ligne suivant laquelle la pointe du Vaisseau commence à tourner perpendiculaire à celle de la Route, ou du sillage, la question est devenuë précisement la même.

88. Mais si ayant égard à la dérive on prend toujours la ligne suivant laquelle la pointe du Vaisseau commence à tourner perpendiculaire à la quille; il faudra pour lors décomposer la force totale RG, en deux laterales perpendiculaires & paralleles à la direction de la quille; or à cause de la dérive la situation de la quille ou la direction selon laquelle on décompose la force

Digitized by Google

totale, étant differente de celle du fluide, la question devient précisement la même que celle de l'article 27. c'est-à-dire qu'ayant mené HS perpendiculaire à la direction de l'eau. HD perpendiculaire à la quille; & ayant fait HR égale au sinus total $= (a)$ le sinus d'incidence $HP = x$, & HC, sinus du complement de l'angle SHD égal à l'angle MBL ou $MHL = b$; on trouvera comme dans l'article 28. que le sinus d'incidence pour la plus grande force laterale RK, perpendiculaire à la quille est $x = \sqrt{\frac{1}{2}aa + \frac{1}{6}bb \pm \frac{1}{2}\sqrt{a^4 - \frac{10}{9}aabb + \frac{1}{9}b^4}}$, on voit évidemment que l'angle de la dérive MHl égal à l'angle SHD Diminuant le sinus $HC = b$ augmente, & que lorsque cet angle est nul le point C tombe au point S, & l'on a $b = a$, substituant dont (a) à la place de (b) dans $x = \sqrt{\frac{1}{2}aa + \frac{1}{6}bb \pm \frac{1}{2}\sqrt{a4 \frac{10}{9}aabb + \frac{1}{9}6^4}}$ on aura $x = \sqrt{\frac{2aa}{3}}$ pour le cas que la dérive est nulle. Enfin si les bordages du Vaisseau changent le fil ou la direction de l'eau contre le gouvernail, on observera d'abord cette direction, & on trouvera comme cidessus la plus grande force laterale perpendiculaire au sillage.





SECTION VIII.

THEORIE.

De la Rame.

89. QUOIQUE le mecanisme de rame paroisse fort simple, il merite cependant quelque explication pour connoître & déterminer. 1°. Quelle est la quantité de la force qui pousse & qui fait avancer le Bateau ou la Galere, resultante de celles que les rameurs employent à tirer les rames 2°. Quelle est la longueur la plus avantageuse qu'il faut donner à la partie de la rame depuis l'apostis ou le point sur lequel la rame tourne jusqu'au milieu de la pale ou le centre de la résistance de l'eau.

90. Pour déterminer en premier lieu la force avec laquelle les rames poussent, & tendent à faire avancer le Bateau ou la Galere, resultante de celle des rameurs, il est clair qu'il suffit de considerer une seule rame *QHR*, muë par une force appliquée à son extrêmité *Q* qu'on peut d'abord considerer comme celle d'un seul homme ; le point *H*, est celui de l'apostis sur lequel la rame est attachée, ensorte qu'elle puisse tourner librement, & le point *R* le milieu de la pale ou le centre de la résistance de l'eau ; or pendant que la force de l'homme agit pour tirer l'extrêmité *Q*, dans la direction *QS*, parallele à la Route *BL*, la résistance que la pale *R* trouve à fendre l'eau, agit en repoussant le milieu *R* de la pale dans la direction *RT* parallele à *QS* ; ainsi ce point *H* doit être pris pour le point d'appui, ou l'hipomoclion des deux leviers *HQ*, *HR*, d'où il suit que le même point *H* seroit poussé dans

FIG. 24.

la

la direction HG parallele à la Route avec force égale, à la ſomme de celle de l'homme au point Q, & celle de la réſiſtanee de l'eau au point R ; ſi dans le même temps que le rameur fait effort pour tirer l'extrêmité Q, il ne repouſſoit le batteau avec les pieds en ſens contraire, avec une force égale à celle qu'il employe pour tirer la rame, & que par conſequent le point H étant tiré dans la direction HI avec une force égale à celle du rameur, la ſeule force qui reſte pour tirer le point H dans la direction HG, & faire avancer le batteau ; eſt égale à celle de la réſiſtance de l'eau ſur la rame. Ce que nous diſons d'une ſeule rame s'applique de ſoi-même, à tel nombre de rames qu'il y ait à un batteau ou une Galere ; & de même la force d'un ſeul rameur ſe peut entendre de celle de pluſieurs appliqués à une ſeule rame, en conſiderant leurs forces réünies à un point moyen Q, d'où l'on peut conclure que la quantité de la force qui fait avancer une Galere qui ne porte point de voiles, eſt toujours égale à la ſomme des réſiſtances de l'eau ſur toutes les rames.

91. Pour comparer la force des rameurs à la force des réſiſtances de l'eau ſur toutes les pales des rames, & par conſequent à la force qui fait avancer une Galere : nous pourrons ſuppoſer d'abord le centre ou le milieu R de la pale comme un point fixe, & conſiderer que pendant que le rameur tire le point Q dans la direction QS, il agit par le bras de levier QR : ainſi ſon effort ſeroit à l'effort total qu'il fait pour tirer le point H dans la direction HG comme HR, à QR, s'il ne repouſſoit en même tems le même point H dans la direction oppoſée. Soit la longueur $QR = a$, $HR = x$, & par conſequent $QH = a - x$. Si l'on prend $f =$ à la force que le rameur employe pour tirera la rame, on aura à cauſe des bras de leviers $HR, QR. x, a :: f, \frac{af}{x} =$ à la force avec laquelle le point H eſt tiré dans la

Digitized by Google

direction HG, en vertu de la puissance appliquée en Q; Mais nous avons dit que le rameur étant appuyé dans le batteau, sa réaction retire le point H dans la direction opposée HI, avec une force égale à celle qu'il employe au point Q. Donc $\frac{af}{x} - f = \frac{af - fx}{x}$ sera l'expression de la force qui fait avancer le batteau ou la Galere laquelle force doit être (comme nous avons dit) égale à l'action, ou à la résistance de l'eau sur la pale R, ce qu'on peut démontrer encore en prenant le point H pour l'hypomochlion des leviers HR, HQ, pour avoir $x. a - x :: f. \frac{af - fx}{x}$ égale à la résistance appliquée en R; précisement la même. Si la rame est par exemple de 18. pieds, la distance HR de l'apostis au centre de la pale de 10. pieds, & la force du rameur de 30. *L.* on aura $a = 18$, $x = 10$, & $f = 30$. D'où l'on titera $\frac{af - fx}{x} = \frac{18 \times 30 - 30 \times 10}{10} = \frac{540 - 300}{10} = 24$. *L.* valeur de la résistance de l'eau ou de la force qui fait avancer le batteau, en vertu de la puissance f.

92. Pour trouver le rapport le plus avantageux entre les longueurs QH, & HR, ou, ce qui est le même, pour trouver le point Q de la rame, où le rameur doit appliquer la force pour faire le plus grand effet possible; le point H étant le centre du mouvement des mains de l'homme appliqués en Q, la force (f) agit par le bras de levier $QH = a - x$; ainsi le moment ou la quantité du mouvement de la puissance appliquée en Q, pour tirer le point H sera $af - fx$. Cela posé le point R étant pris comme nous avons fait ci-dessus pour un point fixe, le point H décrira à chaque coup de rame, ou si l'on veut à chaque instant un arc qui aura HR pour rayon : or il est évident que ne pouvant y avoir qu'un certain nombre de coups de rame dans un temps donné, c'est de la grandeur de cet arc que dépend la quantité du che-

Digitized by Google

min que le batteau ou la Galere parcourt dans ce même temps donné ; ainsi par cette raison la Galere ira d'autant plus vîte que l'intervalle entre l'apostis, & le centre de la pale sera plus grand, ou que la longueur HR sera plus grande, mais d'un autre côté HR (x) augmentent, HQ, $a-x$ diminuë, & par consequent le moment de la puissance du rameur diminuë aussi. Il faut donc trouver un rapport entre QH & HR, qui soit tel que le produit du moment $af-fx$, par l'arc décrit par le point H, ou, ce qui est le même, par son rayon HR (x) soit le plus grand de tous les produits faits de même, ce qui est très aisé, car le produit de $af-fx$ par x est $afx-fxx$, dont la difference est $afdx-2fxdx$, laquelle étant, suivant la methode, égalée à zero, on en déduit $2x=a$, donc $RH, x=\frac{1}{2}a$. Ce qui montre que pour faire faire à un rameur le plus grand effet possible, il faut que le point Q de la rame où il applique ses mains, & le centre R de la pale soient également distants du point d'appui H.

93. Lorsqu'il y a plusieurs rameurs appliqués à une seule rame, il faut supposer les efforts des differens rameurs réünis à un point moyen Q de l'intervalle AC, où ils sont appliqués, & diviser QR en deux également pour avoir le point H, qui doit porter sur l'apostis.



Digitized by Google



SECTION IX.

USAGE DES TABLES,

Avec la résolution des principaux Problemes de la Manœuvre.

94. LA premiere Table ne sert qu'à la construction des Tables pour la manœuvre des Vaisseaux, dont les tranches horisontales sont prises pour des poligones ; comme il a été expliqué dans l'article 44.

La seconde sert à construire les Tables pour la manœuvre des Vaisseaux, dont les tranches sont prises pour des segments de Cercle, ainsi qu'il a été expliqué dans l'article 57.

Ces deux Tables ont beaucoup d'autres usages que nous n'expliquerons pas ici, pour ne pas sortir de notre sujet.

La troisiéme Table contient les situations les plus avantageuses, tant de la voile que de la quille pour gagner au vent, & pour fuïr & perdre au vent, ainsi qu'il a été expliqué, article 30.

Les Tables 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. & 12. contiennent en premier lieu les angles de la quille & de la Route de 30. en 30. minutes, correspondans aux angles de la voile & de la route, calculés suivant les methodes des articles 59. 61. 64. & ce sont là les Tables desirées par M. Bernoully ; ces mêmes Tables contiennent les rapports des vitesses, dont la plus grande est exprimée par 100. calculés par l'article 69. les Tables des vitesses sont d'une très grande utilité.

95. Enfin ces mêmes Tables contiennent les rap-

Digitized by Google

ports des quantités de la dérive dont le calcul est très facile, car si *B L* est la longueur parcouruë par le Vaisseau dans un temps donné, si l'on prend *B P* égale à *B L*, la droite *P L* sera la quantité de la dérive; or si l'on prend l'espace parcouru *B L* pour le sinus total, *PL* sera la corde de l'angle de la dérive; ainsi cette Table ne contient que la valeur des cordes des angles de la dérive le sinus total étant de 1000. parties seulement, & il suffira dans la pratique de multiplier le chemin parcouru par le Navire par la corde de l'angle de la dérive, qu'on trouvera dans la Table, & on coupera les trois derniers chifres du produit pour avoir la quantité de la dérive. FIG. 12. & 18.

96. Nous avons construit les Tables 13. 14. 15 16. 17. 18. 19. 20. & 21 pour la pratique. Il est bon d'avertir que nous n'avons pas observé une exactitude rigoureuse, puisque nous nous sommes servis de la troisiéme Table, pour laquelle nous avons supposé les Vaisseaux éxempts de dérive; ainsi les situations de la voile ne sont pas précisement telles qu'elles devroient être, mais la difference d'un ou de deux degrés dans la position des voiles, n'est pas sensible dans la pratique.

Pour construire ces Tables nous avons pris. 1°. Les angles du Rumb de vent & de la quille de trois en trois degrés, ce qui est suffisant pour la pratique. 2°. Avec ces angles nous avons pris dans la troisiéme Table les angles les plus avantageux de la voile & de la quille, tant pour gagner que pour perdre au vent, & les angles les plus avantageux de la voile & de la ligne du vent. 3°. Avec les angles de la voile & de la quille nous avons pris dans les Tables 4. 5. & 6. &c. Les angles de la dérive que nous avons ajoûtés avec les angles du rumb de vent & de la quille, pour avoir les angles du rumb de vent & de la Route. 4°. Nous avons pris les expressions ou les rapports des vitesses dans les mêmes Tables 4. 5. & 6. correspondantes aux angles de la voile & de la quille. 5°. Avec l'angle le plus avantageux

Digitized by Google

du gouvernail, pour le cas que le Vaiſſeau ne dérive point qui eſt de 54°. 44'. & les angles de la dérive, nous avons eu les angles les plus avantageux du gouvernail, pour virer vent devant, & pour virer vent arriere.

97. Dans toute navigation l'angle du rumb de vent, & de la route qu'on veut ſuivre eſt toujours connu ou donné ; car autrement il faudroit commencer à le déterminer par les régles du Pilotage, or il eſt évident par tous les principes de la manœuvre que la dérive eſt d'autant plus petite que cet angle eſt plus obtus, & qu'elle eſt d'autant plus grande que ce même angle eſt plus aigu.

Mais comme il eſt très difficile de s'aſſurer à un demi degré près, de l'angle de la ligne du vent & de la route, ou ſi l'on veut de l'angle du meridien de la Bouſſole avec la ligne de la route, nous avons crû qu'on pouvoit regarder comme inſenſible tout angle de la dérive moindre de 30. minutes ; ainſi nous dirons qu'il n'y a point de dérive lorſqu'elle ne va pas à un demi degré.

Les lignes de la direction de la quille & de celles de la route, different entr'elles de la quantité de la dérive, & cependant l'uſage des Pilotes & generalement de tous ceux qui ſe mêlent de la conduite des Vaiſſeaux, a été de diriger la quille dans la ligne de la route, & par-là ils s'écartent de leur vraïe route de la quantité de la dérive. Il eſt vrai que ne connoiſſant pas la quantité de la dérive, c'eſt bien là le parti le plus ſûr, ſauf à ſe corriger enſuite par le ſecours des régles du Pilotage. Il arrive même quelquefois que lorſqu'on ne tient pas la quille dans la direction de la route ou qu'on ne tient pas le cap ſur la ligne de la route, cette erreur ſe corrige par la dérive, & l'on dit alors que la dérive a valu la route.

98. En connoiſſant l'angle de la dérive, on pourra toujours tenir le Vaiſſeau dans ſa route, ou comme l'on dit, porter toujours à route, en faiſant faire à la

Digitized by Google

quille un angle avec la route, égal à l'angle de la dérive; mais pour cela il faut avoir des Tables dans leſquelles on puiſſe trouver toutes les dérives correſpondantes aux differentes routes. Je penſe que je ſuis le premier qui a donné ces Tables, & j'oſe dire que leurs uſages feront connoître de plus en plus la neceſſité de les avoir; mais comme on ne quitte pas aiſément les uſages établis quoique vicieux particulierement dans la Navigation, je prevois que celui de nos Tables ne s'établira que peu à peu & avec le temps.

99. Les Marins ont reconnu par experience qu'il y a un certain point juſqu'auquel on peut ſerrer le vent, & qu'ils n'ont jamais pû déterminer; mais nous avons vû avec plaiſir que nos Tables devoient ſe terminer à ce point, & le calcul même nous a fait connoître, & nous a pour ainſi dire averti que nous ne devions pas les pouſſer plus loin.

Nous avons donc prolongé nos Tables juſques au point du plus petit angle que la ligne de la quille, puiſſe faire avec la ligne du vent, paſſé lequel comme nous avons dit art. 24. Si on vouloit ſerrer le vent de plus près en diminuant ce même angle, on augmenteroit par la dérive l'angle de la ligne du vent & de la roûte dans un plus grand rapport.

100 Comme la plus grande dérive des Vaiſſeaux ſe trouve neceſſairement à ce point, qu'on ſerre le vent de plus près qu'il eſt poſſible, & que de plus on fait les angles de la voile & de la quille plus ou moins grands, n'ayent eû aucune régle certaine là-deſſus juſqu'ici; les meilleurs Manœuvriers n'ont évalué la plus grande dérive que par des à peu près très incertains, quelques-uns l'ayant faite de 15. à 16. degrés, d'autres de 22. & d'autres de 30. Il eſt vrai que deux Vaiſſeaux ont rarement leurs plus grandes dérives égales, mais on peut par nos Tables lever cette difficulté, & connoître auſſi préciſement qu'il eſt néceſſaire pour la prati-

Digitized by Google

que, la plus grande dérive d'un Vaiſſeau.

101. Mais la cauſe la plus conſiderable qui fait dériver les Vaiſſeaux, & qui empêche qu'on ne puiſſe ſerrer & tenir le lit du vent auſſi prêt qu'on le pourroit, vient de ce que preſque tous les Manœuvriers lorſqu'ils portent le cap au plus prés, font l'angle des voiles & de la quille trop petit; il eſt vrai que par-là ils profitent le plus qu'ils peuvent de la force du vent ſur les voiles, mais il eſt aiſé de voir que cette force eſt pour lors preſque toute employée à pouſſer le Navire par le côté, ce qui le fait déchoir & perdre le lit du vent d'une plus grande quantité, que ſi on l'avoit ſerré de moins prés. En voici un exemple, le Capitaine Cowlay Anglois, dans ſon Voïage autour du Monde, ſe trouvant dans le beſoin de ſerrer le vent au plus prés, dit *que le 29. May à midi 1686. ſur ce que le vent tourna à l'oüeſt ſud-oüeſt, nous cinglames nord-oüeſt avec les voiles de peroquet deployées, mais le Vaiſſeau ne pût jamais ſerrer le vent d'aſſés prés, ni courir que nord-quart à l'oüeſt*, &c. D'où l'on voit que la quille avec la ligne du vent, faiſoient un angle de 67. degrés 30. minutes, & que la dérive fut de 22. degrés 30. minutes. Or je trouve que pour avoir une ſi grande dérive, il faut que ce Capitaine ait fait faire aux voiles & à la quille un angle de 14. degrés pendant qu'il pouvoit le faire au moins de 24. & il auroit ſerré le vent de $\frac{1}{4}$ de rumb plus prés ou environ.

Pour donner une intelligence plus complete des uſages de mes Tables, je vais donner quelques exemples en forme de Problemes ſur la manœuvre, & cela principalement ſur les Vaiſſeaux dont la prouë fait un angle curviligne de 30. degrés, ou dont les tranches horizontales de la carene, ſont à peu prés des ſegmens de 30. degrés, joints par une corde commune qui repreſente la quille, ce qui eſt la ſuppoſition de M. Bernoully; & il eſt aiſé de reconnoître qu'il ſuffit que la prouë ou l'avant du Vaiſſeau ait, à peu prés, cette forme

Digitized by Google

forme, & qu'il importe peu de quelle forme que soit la poupe.

102. Comme dans la Pratique de la Navigation il ne faut pas se prometre une exactitude d'un degré de plus ou du moins, & souvent même de plusieurs degrés ; à cause, comme nous avons dit, des courans des marées, & quelquefois faute de connoître parfaitement la déclinaison de la Boussole ; si l'intervale ou l'angle entre le lieu de la route & le rumb, ou l'air du vent est donné en quart du rumb, on les réduira en degrés à raison de 11. degrés 15. minutes : ce qui donnera l'angle de la ligne du vent & celle de la route qu'on cherchera dans les Tables, & s'il ne s'y trouve pas exactement, on prendra le plus prés.

PROBLEME I.

La direction de la route étant donnée avec celle du rumb ou de la ligne du vent, trouver l'angle des voiles avec la quille, & la dérive.

103. Ce Probleme est tout résolu par les Tables ; car si la difference entre le lieu de la route & la ligne du vent est donnée en $\frac{1}{4}$ de rumb, on les reduira en degrés, à raison de 11. degrés 15. minutes par $\frac{1}{4}$ de rumb, pour avoir l'angle de la ligne du vent & de la route ; on cherchera cet angle dans la Table, ou son plus proche, & on trouvera vis-à-vis dans les autres colomnes l'angle de la voile & de la quille, la dérive &c.

EXEMPLE.

104. On veut par un vent d'Est faire route au ouest ; nord-ouest, l'intervale entre le rumb de vent, & le lieu de la route est de 14. quarts de rumbs qui font 157. degrés 30. minutes : & comme nous prenons dans nos Exemples les Vaisseaux dont la prouë fait un angle de 30. degrés, on cherchera dans la Table 15. à la colonne des angles du rumb de vent & de la route 157.

Digitized by Google

degrés 30. minutes ; & comme il ne se trouve pas exactement, on prendra le plus proche 158. degrés, & l'on aura vis-à-vis, l'angle de la voile & de la quille de 75. degrés, car on peut abandonner les minutes. L'angle de la voile & de la ligne du vent de 83. degrés & comme la dérive est moindre que 30. minutes, elle est nulle ou insensible ; ainsi l'angle du rumb de vent & de la quille est aussi de 158. degrés, & dans ce cas la direction de la quille doit être la même que celle de la route.

SECOND EXEMPLE.

105. Par un vent de nord-oüest, on veut faire route au oüest sud-oüest.

L'intervale entre la ligne du vent & celle de la route est de 6 quarts de rumbs, qui font 67 degrés 30 minutes, qu'on ne trouve pas exactement dans la Table des angles du rumb de vent & de la route : il faut donc prendre le plus proche qui est 66 minutes 30 degrés pour avoir vis-à-vis l'angle de la voile & de la quille de 23 degrés 43 minutes, ou simplement de 24 degrés. L'angle de la voile & du vent de 40 degrés. La dérive de 2 degrés 30 minutes, & l'angle du rumb de vent & de la quille de 64 degrés ; d'où l'on voit que dans ce cas pour que la dérive valut la route, il faudroit porter le cap 2 degrés 30 minutes plus à l'oüest que la route : & le Vaisseau iroit à la bouline.

TROISIE'ME EXEMPLE.

106. Par un vent de nort nort-d'Est, on veut faire route au sud-est, 7 degrés 30 minutes vers le sud, ce qui fait 10 quarts de rumb plus 7 degrés 30 minutes, ou 120 degrés pour l'angle du rumb de vent & de la route, qu'on trouve exactement dans la Table, & l'on a vis-à-vis 51 degrés pour l'angle de la voile & de la quille, 68 degrés pour l'angle d'incidence du vent sur les voiles ; 1 degré de dérive, & 119 degrés pour l'angle du

Digitized by Google

rumb de vent & de la quille ; ainſi pour que la dérive vaille la route, il faut porter le cap à un degré plus prés de l'Eſt que le lieu de la route, & on aura vent largue.

PROBLEME II.

Déterminer les rapports des viteſſes du Vaiſſeau des trois Exemples précedens, en ſupoſant que l'action ou la force du vent ſur les voiles ſoit la même dans ces trois cas.

107. Avec l'angle du rumb de vent & de la route, on prendra dans la colomne des viteſſes les expreſſions des viteſſes pour chaque Exemple, & on trouvera celle du premier de 972, celle du ſecond de 603, & celle du troiſiéme de 902 ; ces trois viteſſes ſont donc entr'elles comme ces nombres 972, 603, & 902, dont l'une étant connuë en lieuës par heures, ou par jours, les deux autres le ſeront auſſi. Si la premiere eſt par exemple de 3 lieuës par heures, ou 72 lieuës par jour, pour avoir la viteſſe du Vaiſſeau du ſecond Exemple, on dira ſi 972 donnent 72 lieuës, 603 donneront $44 \frac{2}{3}$ lieuës, & pour celle du troiſiéme Exemple on dira de même, ſi 972 donnent 72 lieuës, 902 donneront 66 lieuës $\frac{7}{9}$ ou environ : d'où l'on voit que le même Vaiſſeau faiſant dans la route du premier Exemple 72 lieuës par jour, fera dans la route du ſecond 44 lieuës $\frac{2}{3}$ par jour, & dans celle du troiſiéme 66 lieuës $\frac{7}{9}$. Ainſi ayant fait une ſeule fois une eſtime juſte du chemin ou ſillage d'un Vaiſſeau, dans une route quelconque, on connoîtra par ce Probleme ſon ſillage dans toute autre route ; pourvû toute fois que l'action du vent ſur les voiles ſoit la même, mais comme en changeant de route il faut neceſſairement que l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, ou l'angle de la ligne du vent & de la voile change auſſi, l'action du vent ſur les voiles ne ſçauroit être la même dans les differentes routes.

Digitized by Google

PROBLEME III.

Déterminer les rapports entre les vitesses d'un Vaisseau dans ses differentes routes, & les differens angles d'incidence du vent sur les voiles.

108. Nous prendrons les trois Exemples précedens, dans lesquels il s'agit de déterminer les vitesses du Vaisseau, en y faisant entrer les rapports entre les differentes forces du vent sur les voiles, causées par l'angle d'incidence de la ligne du vent sur les voiles, ce qui est très facile; car par l'article 70. si l'angle d'incidence du vent sur les voiles change pendant que celui de la voile & de la quille reste le même, aussi bien que la vitesse du vent, les vitesses ou sillages du Vaisseau seront dans la raison simple des sinus d'incidence du vent sur les voiles; ainsi faisant entrer dans les rapports des vitesses des trois Exemples précedens, celui des sinus d'incidence du vent sur les voiles, on aura les vitesses requises. La vitesse du premier Exemple est 972. celle du second 603. & celle du troisiéme 902. & l'on trouve dans la Table que l'angle de la voile & de la ligne du vent est pour le premier Exemple de 82. degrés 35. minutes, ou 83. degrés. Pour le second Exemple de 40. degrés, & pour le troisiéme de 68. degrés; on a donc ces trois angles 83. 40. & 68. dont les sinus sont 99254. 64279. & 92718. multipliant le premier par 972. le second par 603. & le troisiéme par 902. on aura ces trois produits 96474888. 38760237. & 83631636. qui sont les expressions des vitesses des trois cas. Enfin si comme dans le Probleme précedent, on connoît le chemin ou le sillage du Vaisseau d'un des trois cas, on trouvera les deux autres par la regle de proportion. Si par exemple le Vaisseau a fait dans le premier cas, ou la premiere route 72. lieuës en 24. heures, pour avoir son sillage dans la seconde, on dira, si 96474888. donnent 72.

Digitized by Google

combien 38760237. on trouvera en achevant la regle 28. lieuës $\frac{9}{10}$. & pour le troiſiéme, ſi 96474888. donnent 72. combien 83631636. on trouvera 62. lieuës $\frac{4}{10}$. Ainſi le Vaiſſeau faiſant dans le premier cas 72. lieuës par jour, feroit dans le ſecond cas 28. lieuës $\frac{9}{10}$. & dans le troiſiéme 62. lieuës $\frac{4}{10}$. Mais outre les differentes routes, les differens angles d'incidence du vent ſur les voiles, il arrive encore très ſouvent que les viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles ne ſont pas égales ou les mêmes ; ce qui doit augmenter le ſillage du Vaiſſeau dans un certain rapport qu'on ne ſçauroit déterminer, ſans connoître à peu près le rapport entre les differentes viteſſes du vent. On trouve dans pluſieurs Auteurs des moyens pour connoître les differentes viteſſes rélatives du vent, principalement par une machine en forme de moulin à vent décrite par Wolsfius que M. Dons-en-bray Honoraire de l'Academie a rectifiée & perfectionnée. Mais au défaut de ces machines, voici une methóde ſimple & facile pour connoître les rapports entre les viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles.

109. Mettez ſur une verge de bois ou de fer *AB* un quart de cercle *CDE* en forme de giroüete, au centre duquel vous arreſterés un fil de ſoïe un peu fort, lequel fil ſoutiendra une boule bien ronde de bois, ou de quelqu'autre matiere plus legere que le bois Or il eſt évident que plus le vent ſera fort plus la boule montera, & fera marquer au fil *CQ* un plus grand nombre de degrés ſur le quart de cercle en allant de *D* en *E*.

PROBLEME IV.

110. Trouver les rapports entre les viteſſes rélatives du vent.

Suppoſons que le vent ſouflant ſur la boule *F* la fait monter, & marquer par la ſoïe l'arc *DG*, & qu'enſuite le vent devenant plus fort il fait monter la boule &

Digitized by Google

Fig. 22. marquer l'arc *DH*, par le fil *CR*. Cela passé je dis que ces deux vitesses du vent sont entr'elles, comme les racines des tangentes des arcs *DG*, *DH*.

DEMONSTRATION.

111. La boule dans ces deux positions ou situations *F*, & *I*, est poussée par l'impulsion du vent qu'elle reçoit dans les directions horizontales *FM*, *IN*, pendant qu'elle tend à descendre par son propre poids dans les verticales *KF*, *LI*; or il est évident qu'ayant pris ces verticales *KF*, *LI*, égales pour exprimer la force avec laquelle la boule tend à descendre, & ayant achevé les paralellogrames *QM*, *RN*, les horizontales *FM*, *IN*, exprimeront les forces de l'impulsion du vent sur la boule: mais les Triangles *KFM*, *CDO*, étant semblables aussi bien que les Triangles *LIN*, *CDP*, on aura *FM*, *IN*, : : *DO*, *DP*. Donc les forces des impulsions du vent sur la boule sont entr'elles comme la tangente *DO* de l'arc *DG*, à la tangente *DP*, de l'arc *DH*. Et puisque les impulsions sont comme les quarrez des vitesses, il faut que les vitesses soient comme les racines des forces des impulsions, ou comme les racines des tangentes *DO*, *DP*.

EXEMPLE.

112. Si l'arc *DG* est de 35. degrés, & l'arc *DH* de 45. degrés, les tangentes de ces deux arcs sont 70020. & 100000. & leurs racines sont 264. & 316. Ainsi les vitesses de ces deux vents seront entr'elles comme 264. à 316. ou comme 66. à 79.

PROBLEME V.

Connoissant le rapport entre les vitesses du vent, déterminer ceux des vitesses d'un Vaisseau dans ces differentes routes, & ces differens angles d'incidence du vent sur les voiles.

Digitized by Google

113. Je prens encore les trois Exemples du premier Probleme, pour lesquels ayant trouvé les rapports des vitesses suivant les differentes routes & les angles d'incidence du vent sur les voiles; si les vitesses du vent des trois cas sont entr'elles dans le même ordre que ces trois nombres 66. 79. & 80. les vitesses étant par le troisiéme Probleme 72. 28. $\frac{9}{10}$. & 62. $\frac{4}{10}$. on multipliera 66 par 72. 79 par 28 $\frac{9}{10}$. & 80 par 62, $\frac{4}{10}$. pour avoir les trois produits 4752. 2283 $\frac{1}{10}$. 4992. ou les trois expressions des vitesses du Vaisseau; car par l'article 75, les vitesses d'un Vaisseau dans differentes routes, sous des angles d'incidence du vent sur les voiles differens, & differentes vitesses du vent, sont en raison composées de la raison sous doublée réciproques des diagonales, de la raison simple des sinus d'incidence du vent sur les voiles, & de la raison simple des vitesses du vent.

114. Voila le Probleme le plus composé, & en même temps le plus utile de toute la manœuvre: Il est cependant très simple, car ayant reconnu une seule fois par une estime bien juste, qu'un Vaisseau a fait tant de chemin par heure, les angles des voiles & de la quille, des voiles & de la ligne du vent étant connus, avec l'expression de la vitesse du vent, on aura un rapport constant, & qui servira de terme de comparaison pour tous les autres cas, ou toutes les autres routes du même Vaisseau, sous quel angle d'incidence du vent sur les voiles, & sous quelle vitesse respective du vent que ce soit. Si l'on sçait par exemple, qu'un Vaisseau a fait 2. lieuës $\frac{1}{2}$ par heure, ayant l'angle des voiles & de la quille de 60. degrés, l'angle d'incidence du vent sur les voiles de 74. degrés, & l'expression de la vitesse du vent de 80. ayant reconnu qu'on peut rapporter la forme de son Vaisseau à la Table 15. On prendra avec l'angle de la voile & de la quille de 80. degrés, l'expression de la vitesse laquelle sera de 932.

Digitized by Google

& l'on formera un produit de ces trois quantités ſçavoir,
De l'expreſſion de la viteſſe 932.
Du ſinus d'incidence 74. degrés, qui eſt 96126.
Et de la viteſſe du vent 80.
Ce produit ſera 7167154560. lequel avec les 2. lieuës $\frac{1}{2}$ par heure formeront un terme de comparaiſon conſtant pour toutes les differentes routes du Vaiſſeau, ſous quel angle d'incidence du vent ſur les voiles, & quelle expreſſion de viteſſe du vent que ce ſoit.

EXEMPLE.

115 Le même Vaiſſeau que ci-deſſus, a fait route pendant cinq heures ayant l'angle des voiles & de la quille de 22. degrés, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 30. degrés, & l'expreſſion de la viteſſe du vent de 90 degrés. On aura ces trois quantités, ſçavoir,
L'expreſſion de la viteſſe priſe dans la Table vis-à-vis de 22. degrés de 588.
Le ſinus d'incidence de 30. degrés de 50000.
Et l'expreſſion de la viteſſe du vent de 90
Le produit de ces trois quantités eſt 2646000000. pour donc avoir le chemin ou le ſillage du Vaiſſeau, on dira ſi 7167154560. ont donné 2. lieuës $\frac{1}{2}$ par heure, combien donneront 2646000000. ayant achevé la regle, on trouvera que le ſillage du Vaiſſeau eſt à peu de choſe près, $\frac{9}{10}$ d'une lieuë par heure, & en cinq heures de tems de 4. lieuës $\frac{1}{2}$.

AUTRE EXEMPLE.

116. L'angle des voiles & de la quille étant de 51. degrés, celui d'incidence du vent ſur les voiles de 75. degrés, & l'expreſſion de la viteſſe du vent de 80. on demande le chemin que le Vaiſſeau a parcouru en cet état en 30. heures de tems.

La viteſſe corrreſpondante à 51. ſera de 902 le ſinus de 75 degrés de 96593. & la viteſſe du vent de 80.

Digitized by Google

80. Le produit de ces trois quantités eſt 6970150880. ainſi on dira ſi 7167154560. donnent 2. lieuës & demi par heure, combien donneront 6970150880.; la régle étant faite, on trouve 2. lieuës & $\frac{4}{10}$. par heure, qui font en trente heures 72. lieuës $\frac{9}{10}$.

REMARQUE.

117. Les Problemes précedens ſuffiſent pour connoître à comparer les ſillages d'un même Vaiſſeau dans ſes differentes routes, & ſes differentes voilures; mais quoique nous n'ayons pris qu'une forme de Vaiſſeau telle qu'on peut la rapporter aux Tables 6. & 15. Il eſt aiſé de voir qu'on doit operer préciſement de la même maniere, ſur toutes les autres formes de Vaiſſeaux, qu'on peut rapporter à nos differentes Tables de manœuvre; mais pour comparer les ſillages de deux ou de pluſieurs Vaiſſeaux, il faudroit connoître au moins de combien les uns ſont meilleurs voiliers que les autres.

Entre pluſieurs cauſes qui rendent les Vaiſſeaux bons ou mauvais voiliers, la principale vient de leurs forme ou de leur gabarit, & c'eſt celle-là que nous ſauvons preſque entierement par nos neuf differentes Tables de manœuvre; il eſt vrai qu'à la rigueur pour ce qui eſt des rapports des viteſſes, ces Tables ne peuvent ſervir que pour comparer les viteſſes d'un même Vaiſſeau: car pour avoir exactement les rapports entre les viteſſes des differens Vaiſſeaux, il faudroit avoir égard à leur forme & à leur grandeur, & il faudroit même y faire entrer les proportions des grandeurs des voiles. J'avois deſſein d'entrer dans ces récherches, & de donner des régles Geometriques pour déterminer ces rapports, & faire entrer ces conſiderations dans nos Problemes de manœuvre; mais ayant fait réflexion depuis, que pour avoir ce nouveau degré d'éxactitude, qui ne ſeroit preſque pas ſenſible dans la prati-

Digitized by Google

que, nous rendrions nos Problemes trop compliqués & nous sortirions, par-là, de cette simplicité si nécessaire pour l'usage & la pratique des Marins; outre qu'on ne sera que rarement à portée de connoître exactement les formes des Vaisseaux, dont on voudra comparer les vitesses ou les sillages.

J'ai dit que ce nouveau degré d'exactitude ne seroit presque pas sensible dans la pratique, car il est aisé de voir par nos principes de manœuvre, que le défaut d'éxactitude ne sçauroit être que d'une partie de la difference, entre les sillages d'un Vaisseau bon voilier, & d'un Vaisseau pesant à la voile; & suivant M. Guillet le meilleur voilier d'une Flote, ne sçauroit faire par jour trois ou quatre lieuës de plus, que ce que feroit le plus pesant de voile.

PROBLEME VI.

Comparaison des vitesses de deux Vaisseaux, lorsqu'ils ont. 1°. Les angles des voiles & de la quille inégaux, mais les angles d'incidence du vent sur les voiles égaux, & des vitesses rélatives du vent égales. 2°. Lorsque les angles d'incidence du vent sur les voiles sont inégaux, mais que les angles des voiles & de la quille sont égaux, & les vitesses du vent égales. 3°. Lorsque les vitesses du vent sont inégales, mais les angles des voiles & de la quille égaux, avec les angles d'incidence du vent sur les voiles égaux. 4°. Lorsque les vitesses du vent sont égales, mais les angles des voiles & de la quille, & les angles d'incidence du vent sur les voiles inégaux. 5°. Lorsque les angles d'incidence du vent sur les voiles sont égaux, mais les angles des voiles & de la quille inégaux, avec les vitesses du vent inégales. 6°. Lorsqu'enfin les angles des voiles & de la quille sont égaux, mais les angles d'incidence du vent sur les voiles inégaux, & des vitesses du vent inégales.

Digitized by Google

Les réſolutions de ces ſix cas dépendent chacun d'un article de la ſixiéme ſection. Le premier de l'article 67. le ſecond de l'article 70. le troiſiéme de l'article 71. le quatriéme de l'article 72. le cinquiéme de l'article 73. & le ſixiéme de l'article 74.

EXEMPLE.

Sur le premier Cas.

119. Commė dans ce cas il n'y a que les angles des voiles & de la quille qui ſoient inégaux, les viteſſes des deux Vaiſſeaux ſeront entr'elles par l'article 68. dans les rapports des viteſſes marquées dans les Tables, ainſi l'angle des voiles & de la quille du premier étant de 70. degrés, & celui du ſecond de 65. & ſi de plus les formes des Vaiſſeaux ſont telles qu'on puiſſe rapporter le premier à la Table 6. ou 15. & le ſecond à la Table 9. ou 18. On trouvera dans ces Tables à la colomne des viteſſes vis-à-vis 70. degrés 964. pour l'expreſſion de la viteſſe du premier Vaiſſeau : & vis-à-vis 65. degrés dans l'autre Table 946. pour l'expreſſion de la viteſſe du ſecond Vaiſſeau, ainſi ces deux viteſſes ſeront entr'elles comme 964. & 945. ou comme 100. à 98.

On peut obſerver ici le peu de difference qu'il y a entre ces deux viteſſes, quoique celle du premier Vaiſſeau doive être plus grande que celle du ſecond par deux raiſons, la premiere par la grandeur de l'angle des voiles & de la quille, & la ſeconde par la forme du Vaiſſeau ou l'angle de la prouë, d'où l'on voit qu'une difference d'un ou de deux degrés dans la poſition des voiles, ne ſçauroit faire une erreur ſenſible dans la Pratique, non plus que quelque difference dans la forme des deux Vaiſſeaux.

Digitized by Google

EXEMPLE.

Sur le second Cas.

120. Il eſt évident par l'article 70. que dans ce cas, ſi les formes des Vaiſſeaux ſont telles qu'on puiſſe les rapporter à une même Table, leurs viteſſes ſeront dans la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles : Ainſi l'angle d'incidence du vent ſur les voiles du premier Vaiſſeau étant de 60. degrés, & celui du ſecond Vaiſſeau de 70. degrés, la viteſſe du premier ſera à celle du ſecond, comme le ſinus de 60. degrés qui eſt 86603. au ſinus de 70. degrés qui eſt 93969. ou comme 100. à 108.

Mais ſi les formes des deux Vaiſſeaux ſont differentes, enſorte que le premier ſe rapportant aux Tables 6. & 15. le ſecond ſe rapporte aux Tables 10. & 19. il faut pour lors, avec l'angle des voiles & de la quille que nous ſuppoſerons ici le même à l'un & l'autre Vaiſſeau, prendre dans ces Tables les expreſſions des viteſſes correſpondantes à l'angle des voiles & de la quille, pour faire une raiſon compoſée de celle de ces viteſſes, & de celles des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, ainſi l'angle des voiles & de la quille étant à chaque Vaiſſeau de 44. degrés, on trouvera dans la Table 6. & 15 vis-à vis de 44. degrés, 874. de viteſſe, & dans les Tables 10. & 19. 817. de viteſſe; or l'angle d'incidence du vent ſur les voiles du premier Vaiſſeau, étant de 60. degrés, & celui du ſecond de 70. La viteſſe du premier Vaiſſeau ſera à celle du ſecond, comme le produit de 874. par 86603. au produit 817. par 93969. ou comme 100. à 101.

EXEMPLE.

Sur le troiſiéme Cas.

121. Comme dans ce cas, il n'y a que les viteſſes

rélatives du vent qui soient inégales, leurs vitesses seront dans le même rapport que celui des vitesses rélatives du vent. Si ce rapport est de 100. à 115. la vitesse du premier Vaisseau sera à celle du second, comme 100. à 115.

Mais si les formes des Vaisseaux ne sont pas les mêmes, & que pendant que le premier peut être rapporté aux Tables 6. & 15. le second peut se rapporter aux Tables 10. & 19. alors il faut connoître l'angle des voiles & de la quille, quoiqu'il soit le même aux deux Vaisseaux, & cela pour pouvoir prendre les expressions des vitesses dans chaque Table; si cet angle est de 30. degrés, on trouvera dans la Table 15. pour le premier Vaisseau 696. dans la colomne des vitesses, & dans la Table 19. pour le second Vaisseau 682. & la vitesse du premier sera à celle du second, comme le produit de 696. par 100. est au produit de 682. par 115. ou à peu près comme 100. à 113.

EXEMPLE.

Sur le quatriéme Cas.

122. Les expressions des vitesses du vent étant égales, si l'angle des voiles & de la quille du premier Vaisseau est de 60. degrés, & celui du second Vaisseau de 35. degrés l'angle d'incidence du vent sur les voiles du premier Vaisseau de 77. degrés, & le même angle sur les voiles du second Vaisseau de 70. Si la forme des Vaisseaux est telle qu'on puisse rapporter, le premier aux Tables 6. ou 5. & le second aux Tables 9. ou 18. on trouvera dans la colomne des vitesses des Tables 6. ou 15. pour 60. degrés 932. & dans les Tables 9. & 8. pour 35. degrés 740. mais le sinus de 77. degrés est 9743 . & celui de 70. degrés est 93967. or par l'article 62, la vitesse du premier Vaisseau sera à celle du second, comme le produit de 932. par 97437. au produit

Digitized by Google

de 740. par 93969 ou à peu près comme 100. à 76.

E X E M P L E.

Sur le cinquiéme Cas.

123. Les angles d'incidence du vent sur les voiles des deux Vaisseaux, étant chacun de 70. degrés, l'angle des voiles & de la quille du premier de 81. degrés, & du second de 60. degrés ; si la forme de ces deux Vaisseaux est telle qu'on les puisse rapporter à la Table 6. ou à la Table 15. on trouvera les expressions des vitesses ou des diagonales, pour 81. degrés de 984. & pour 60. degrés de 932. Mais si les vitesses du vent sont entr'elles comme 60. à 70. la vitesse du premier Vaisseau, sera par l'article 73. à la vitesse du second, comme le produit de 984. par 60. au produit de 932. par 70. ou comme 59040. à 65240. ou à peu près comme 100. à 110.

Mais si la forme des Vaisseaux est differente, ensorte que le premier se pouvant rapporter à la Table 6. ou 15. le second se rapporte à la Table 10. ou 19. on trouvera comme ci-dessus dans la Table 15. pour 81. degrés 984. & dans la Table 19. pour 60. degrés 921. si les vitesses du vent sont les mêmes que ci-dessus, la vitesse du premier Vaisseau sera à celle du second, comme le produit de 984. par 60. au produit de 921. par 70. ou comme 100. à 109.

E X E M P L E.

Sur le sixiéme Cas.

124. Les angles des voiles & de la quille des deux Vaisseaux étant de 83. degrés, l'angle d'incidence du vent sur les voiles du premier Vaisseau de 87. degrés, & l'angle d'incidence du vent sur les voiles du second Vaisseau de 70. degrés, la vitesse rélative du vent sur

Digitized by Google

le premier Vaiſſeau de 80. & celle ſur le ſecond de 90. on demande le rapport entre les viteſſes de ces deux Vaiſſeaux. Par l'article 74, les viteſſes ſont dans ce cas en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſinus d'incidences du vent ſur les voiles, & de la raiſon ſimple des viteſſes du vent ; ainſi la viteſſe du premier Vaiſſeau ſera à celle du ſecond, comme le produit du ſinus de 87. degrés, qui eſt 99863. par 80. au produit du ſinus de 70. degrés, qui eſt 93969. par 70. Or ces produits 7989040. & 8457210. ſont entre eux à peu près comme 100. à 106. ainſi la viteſſe du premier Vaiſſeau ſera à celle du ſecond, à peu près, comme 100. à 106. je dis à peu près, car il ne faut pas ſe promettre ici une entiere exactitude ; mais c'eſt toujours beaucoup de pouvoir en approcher vû le grand nombre des cauſes d'irregularité qu'on rencontre dans la Pratique, & que les Marins réconnoiſſent fort bien.

Nous avons ſuppoſé dans cet Exemple que les formes des Vaiſſeaux ſont ſemblables, ou qu'on peut les rapporter aux mêmes Tables ; mais ſi les Vaiſſeaux ne ſont pas ſemblables & qu'on ſçache que pendant qu'on peut rapporter le premier, par exemple, aux Tables 6. & 15. le ſecond ſe peut rapporter aux Tables 9. & 18. alors aprés avoir trouvé le rapport des viteſſes, comme ci deſſus, on prendra dans ces Tables avec l'angle des voiles & de la quille, que nous ſuppoſerons encore de 83. degrés : les viteſſes correſpondantes à cet angle de 83. & l'on trouvera 988. pour le premier Vaiſſeau, & 993. pour le ſecond ; ainſi ayant trouvé pour notre même Exemple, que les viteſſes ſont en raiſon de 100. à 106. on compoſera ces deux raiſons, c'eſt-à dire que la viteſſe du premier Vaiſſeau, ſera à celle du ſecond, comme le produit de 988. par 100. eſt au produit de 993. par 106. ou comme 98800. à 105258. ou enfin comme 100. à 106. $\frac{1}{2}$.

Digitized by Google

REMARQUE.

125. Les trois premiers Problemes & le cinquiéme, contiennent comme nous avons dit dans la Remarque précedente, les methodes de déterminer par l'usage de nos Tables les differentes vitesses d'un Vaisseau, avec les dispositions les plus avantageuses tant des voiles que de la quille, pour faire une route donnée avec un vent donné, & dans le Probleme 6. nous avons donné les methodes de comparer les vitesses ou sillages de deux Vaisseaux, ou d'un même Vaisseau dans differentes routes, & differentes dispositions des voiles, & cela dans tous les cas, & sans avoir égard aux dispositions les plus avantageuses; lesquelles vrai-semblablement ne seront pas toujours choisies par les Manœuvriers: mais de quelle façon qu'on s'y prenne, il sera toujours très facile de comparer, & même de déterminer les sillages des Vaisseaux par les methodes de ce Probleme. Je conviens cependant qu'on peut ne pas s'attacher scrupuleusement à mettre les voiles dans les dispositions les plus avantageuses, pour courir une route donnée par un rumb de vent donné; parce que cinq ou six degrés de plus ou de moins dans l'angle des voiles & de la quille, ne diminuent pas souvent le sillage d'un Vaisseau de $\frac{1}{50}$ de ce qu'il feroit, si les voiles étoient précisément dans les dispositions les plus avantageuses, comme nous allons voir par le Probleme suivant, & c'est là un avantage considerable pour la Pratique.

PROBLEME VII.

126. Comparaison des vitesses ou sillages d'un même Vaisseau mû par un même vent, entre l'état que l'angle des voiles & de la quille est le plus avantageux, & l'état auquel ce même angle est plus grand ou plus petit de plusieurs degrés que l'angle le plus avantageux.

Pour faire cette comparaison le plus exactement qu'il

Digitized by Google

qu'il eſt poſſible, nous ne négligerons pas les minutes qui ſont dans nos Tables. Il eſt évident que l'angle du rumb de vent & de la quille étant donné, & les voiles qui diviſent cet angle en deux parties, dont l'une eſt l'angle des voiles & de la quille, & l'autre l'angle d'incidence du vent ſur les voiles : ſi l'on prend le premier à volonté d'un certain nombre de degrés, & qu'on le rétranche de l'angle donné du Rumb de vent & de la quille, on aura le ſecond, où l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, & avec ces deux angles on trouvera l'expreſſion de la viteſſe du Vaiſſeau par le quatriéme cas du Probleme ſixiéme. Mais comme cette diviſion de l'angle du rumb de vent & de la quille eſt faite dans nos Tables le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible, on trouvera par le même cas du Probleme ſixiéme l'expreſſion de la viteſſe du Vaiſſeau, que l'on comparera avec l'expreſſion trouvée en prenant l'angle des voiles & de la quille d'une grandeur à volonté.

EXEMPLE.

Suppoſons que l'angle du rumb de vent & de la quille ſoit de 125. degrés, & que la forme du Vaiſſeau ſoit telle qu'on puiſſe le rapporter aux Tables 9. & 18. on trouvera dans ces Tables l'angle le plus avantageux des voiles & de la quille de 54. degrés 34. minutes, & celui des voiles & de la ligne du vent de 70. degrés 26 minutes, ces deux angles font enſemble 125. degrés. Si l'on prend maintenant l'angle des voiles & de la quille plus grand que le plus avantageux comme de 65. degrés 35. minutes, on aura celui d'incidence du vent ſur les voiles de 59. degrés 25. minutes, en ôtant 65. degrés 35. minutes de 125. degrés ; & ſi l'on prend ce même angle des voiles & de la quille plus petit que le plus avantageux comme de 44. degrés 10 minutes, celui d'incidence du vent ſur les voiles ſera de 80. degrés 50. minutes : or avec ces trois angles des voiles & de la

Digitized by Google

quille on trouvera dans la Table 18 les expressions des vitesses, la premiere de 888 pour l'angle le plus avantageux de 54 degrés 34 minutes, la seconde de 945 pour l'angle de 65 degrés 35 minutes, la troisiéme de 8 7 pour l'angle de 44 degrés 10 minutes & on prendra les trois sinus des angles d'incidences du vent sur les voiles, sçavoir celui de 70 degrés 26 minutes qui est 94225.

Celui de 59 degrés 25 minutes, qui est 86089.

Et celui de 80 degrés 50 minutes, qui est 98723.

Mais les vitesses du vent étant les mêmes ou égales; celles du Vaisseau seront, suivant le quatriéme Cas du Probleme précedent, comme ces trois produits, le premier de 888. par 94225, le second de 945 par 86089, & le troisiéme de 817 par 88723; & ayant fait ces trois multiplications, on trouvera que le premier produit ou l'expression de la vitesse du Vaisseau dans le Cas de l'angle le plus avantageux des voiles & de la quille, que ce produit, dis-je, est plus grand que chacun des deux autres; mais que la difference comme nous avons dit n'est pas fort considerable, puisque si l'on exprime la vitesse du premier Cas, ou du plus avantageux par 100, on trouvera celle du second de 97, & celle du troisiéme de 96 ou à peu près.

AUTRE EXEMPLE.

128. Prenant toujours le même Vaisseau, si l'angle de la ligne du vent & de la quille est de 64 degrés, l'angle le plus avantageux des voiles & de la quille sera de 23 degrés 43 minutes, & par consequent l'angle d'incidence du vent sur les voiles de 40 degrés 17 minutes. si l'on fait maintenant l'angle des voiles & de la quille plus grand comme de 31 degrés 25 minutes, celui du vent sur les voiles sera de 32 degrés 3 minutes, & si on fait ce même angle plus petit comme de 13 degrés 48 minutes, celui du vent sur les voiles sera de 50 de-

Digitized by Google

grés 12 minutes, on prendra donc dans la Table 18 les expressions des vitesses correspondantes à ces trois angles, des voiles & de la quille, & l'on trouvera.

606 pour l'angle le plus avantageux de 23 degrés 47 minutes.

669 pour 31 degrés 25 minutes.

373 pour 13 degrés 48 minutes.

On prendra les trois sinus des angles d'incidences du vent sur les voiles.

Celui de 40 degrés 17 minutes est 64657.

Celui de 32 degrés 35 minutes est 53853,

Et celui de 50 degrés 12 minutes est 76828.

Or par l'article 72 où le quatriéme Cas du Probleme précedent, les trois vitesses du Vaisseau sont entr'elles comme les trois produits : le premier de 606 par 64657, le second de 699 par 53853, & le troisiéme de 373 par 76828 ; & achevant les calculs, on trouvera que le premier produit ou celui de la situation la plus avantageuse des voiles est le plus grand ; & que exprimant la vitesse du Vaisseau dans le Cas le plus avantageux par 100, la seconde sera de 96, & la troisiéme de 73, surquoi j'ajouterai ici une petite réflexion qui est, qu'il vaut beaucoup mieux en mettant les voiles dans une position arbitraire risque de faire l'angle des voiles & de la quille plus grand que l'angle le plus avantageux que plus petit, & cela par deux raisons, la premiere c'est qu'en le faisant plus petit on diminuë la vitesse du Vaisseau en plus grande raison, que lorsqu'on le fait trop grand, ainsi qu'on le peut voir par les deux Exemples ; & la seconde raison, est que faisant l'angle plus petit on augmente la dérive, ce qui est un deffaut considerable dans la manœuvre ; & qu'au contraire en faisant ce même angle plus grand on diminuë la dérive.

PROBLEME VIII.

129. Comparaison des vitesses des deux Vaisseaux

poussés par un même vent, dont l'un fait route en perdant au vent ou de vent largue, & l'autre à la bouline & en serrant le vent.

Tout le monde sçait que le vent ariere ou en poupe seroit le plus avantageux, si pour lors toutes les voiles d'un Navire pouvoient porter ; mais comme de vent ariere les voiles des mats de l'arriere dérobent le vent aux voiles des mats de l'avant, ce qui fait qu'un Vaisseau a son plus grand sillage lorsqu'il fait route par un bon vent largue, & qu'au contraire le plus petit sillage est lorsque le Vaisseau va au plus près, en gagnant au vent le plus qu'il peut. Pour faire une juste comparaison de ces deux Cas, nous supposerons d'abord que les deux Vaisseaux sont de même forme, or les deux Vaisseaux allant par un même vent leurs vitesses sont comme dans le Probleme précedent, en raison composée de celle des vitesses prises dans les Tables, correspondantes aux angles des voiles & de la quille, & de la raison des sinus d'incidences du vent sur les voiles ; si la forme des Vaisseaux est telle qu'on les puisse rapporter à la Table 18. Supposons de plus que le lieu de la route du premier Vaisseau soit éloigné du rumb de vent de 13 quart de rumb ; & que le lieu de la route du second soit éloigné du rumb de vent de 5 quart de rumb : par-là, le premier Vaisseau fera route de vent largue, & le second, en serrant le vent de fort près, ainsi, par exemple, le vent étant nord-est, le premier Vaisseau feroit route au oüest sudoüest quart à loüest, & le second au nord nordoüest quart au nord, & à raison de 11 degrés 15 minutes par quart de rumb, l'angle du rumb de vent & de la route seroit de 146 degrés dans le premier Cas, & de 56 degrés dans le second ; mais on trouve dans la Table 18 que l'angle du rumb de vent & de la route étant de 146 degrés, la dérive est d'un degré, & que ce même angle étant de 26 degrés, la dérive est de 10 degrés ; ainsi pour que la dérive vaille la route, il faut

Digitized by Google

dans le premier Cas, faire l'angle du rumb de vent & de la quille de 145 degrés, & le même angle dans le ſecond Cas de 46 degrés. Maintenant avec l'angle de 145 degrés, on trouvera pour le premier Cas, l'angle le plus avantageux de la voile & de la quille à peu près de 67 degrés, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 78 degrés : & avec l'angle de 46 degrés, on trouvera pour le ſecond Cas l'angle le plus avantageux des voiles & de la quille de 16 degrés, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 30 degrés ; mais la viteſſe priſe dans la Table vis-à-vis l'angle des voiles & de la quille eſt pour le premier Cas de 956, laquelle étant par l'article 72 multiplié par le ſinus d'incidence de 78 degrés qui eſt 97815, donnera un produit qui ſera l'expreſſion de la viteſſe du premier Vaiſſeau, & de même la viteſſe correſpondante à l'angle des voiles & de la quille du ſecond Cas eſt 447, laquelle étant multipliée par le ſinus de 30 degrés qui eſt 50000, donnera un produit qui ſera l'expreſſion de la viteſſe du ſecond Vaiſſeau ; or il eſt aiſé de voir que ces deux produits ſont entr'eux, à peu près, comme 100 à 24, ainſi pendant que le premier Vaiſſeau feroit 100 lieuës, le ſecond ne feroit que 24 lieuës.

Mais ſi les deux Vaiſſeaux ne ſont pas de même forme & que pendant que le premier peut être rapporté à la Table 14, le deuxiéme ſe rapporte à la Table 18, on opperera comme ci-deſſus, avec cette ſeule difference qu'aulieu de prendre l'expreſſion de la viteſſe du premier Vaiſſeau telle qu'elle eſt dans la Table, on cherchera cette expreſſion par le Probleme.

PROBLEME IX.

130. Trouver la quantité dont un Vaiſſeau a perdu au vent, après avoir couru par un vent largue un eſpace de quelque lieuës, & de même trouver de combien on a gagné au vent, après avoir couru par un

vent de bouline, & en tenant le vent au plus près.

Quoique la route d'un Vaiſſeau qui va par un même vent ne ſoit pas à la rigueur en ligne droite, & que ce ſoit une Courbe appellée l'oxodromique, neanmoins comme les diſtances que nous prenons ici ſont fort petites, nous pouvons ſans aucune erreur ſenſible prendre cette ligne de la route pour une ligne droite; cela poſé ſi le Vaiſſeau *H M* étant pouſſé par un air de vent *V B* fait route dans la direction *B L*, il eſt évident que
Fig. 27. pour avoir la quantité dont ce Vaiſſeau a perdu au vent après avoir parcouru l'eſpace *B L*, il faut mener par le point *L* la perpendiculaire *L R* ſur la ligne du *V B* prolongée, & la quantité dont le Vaiſſeau aura perdu au vent ſera determinée par *B R*. Mais ſi le rumb de vent eſt *u B*, & que le Vaiſſeau faſſe route dans la ligne *B l*, pour avoir dans ce Cas la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au vent, après avoir parcouru l'eſpace *B l*, on tirera du point *L* la perpendiculaire *L r* ſur la ligne du vent, & *B r* ſera la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au vent. On trouvera très facilement les valeurs de *B R* & *B r*, car dans les triangles rectangles *B R L*, *B r l*, les angles de la ligne du vent & de la route *V B L*, étant connus avec les longueurs parcouruës, ou les hipotenuſes *B L*, *B l*, on trouvera les côtés *B R* & *B r*, ou les quantités dont le Vaiſſeau a perdu au vent dans le premier Cas, & a gagné au vent dans le ſecond. Ainſi on trouvera generalement la quantité dont un Vaiſſeau a perdu ou gagné au vent, par cette régle.

Comme le ſinus total eſt au ſinus du complement de l'angle de la ligne du vent & de la route, ainſi l'eſpace ou la diſtance parcouruë ſera à la quantité, dont le Vaiſſeau a perdu ou gagné au vent.

Remarqués que dans le premier Cas on prend l'angle *R B L*, pour l'angle de la ligne du vent & de la route.

Digitized by Google

EXEMPLE DU PREMIER CAS.

131. L'angle de la ligne du vent & de la route étant de 146 degrés, on demande combien le Vaiſſeau a perdu au vent après avoir fait dix lieuës de chemin ; il faut prendre dans ce Cas, comme on vient de remarquer, le ſupplement de 146 degrés, qui eſt 34 degrés, & dire

Comme le ſinus total 100000.
Eſt au ſinus complement de 34 degrés 82904.
Ainſi 10 lieuës.

Seront à huit lieuës & $\frac{29}{100}$ pour la quantité dont le Vaiſſeau aura perdu au vent,

EXEMPLE DU SECOND CAS.

132. L'angle de la ligne du vent & de la route étant de 25 degrés, on demande la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au vent, après avoir parcouru 10 lieuës de chemin.

On dira ſuivant la Regle.
Comme le ſinus total 100000.
Eſt au ſinus du complement de 58 degrés 52992.
Ainſi 10 lieuës.

Seront à 5 lieuës $\frac{3}{100}$ pour la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au vent.

PROBLEME X.

133. Si deux Vaiſſeaux ſe diſputent l'avantage du vent, avec cette difference que l'équipage du premier manœuvrant mieux que l'équipage du ſecond, donnent à la quille & aux voiles les diſpoſitions les plus avantageuſes, pendant que ceux du ſecond Vaiſſeau vont au plus près ou boulinent le plus qu'ils peuvent ; déterminer quel eſt l'avantage des uns ſur les autres, pour prendre le deſſus du vent.

Par l'article 34, l'angle le plus avantageux que la quille doit faire avec la ligne du vent pour gagner au

Digitized by Google

vent, doit être à peu près de 55 degrés, & l'angle d'incidence du vent sur les voiles de 35 degrés ; ainsi voila les dispositions des voiles & de la quille du premier Vaisseau, mais le second voulant serrer le vent de plus près ; supposons qu'il porte le cap près du vent ensorte que l'angle du rumb de vent & de la quille soit de 34 degrés, & l'angle du vent sur les voiles de 22 degrés: on trouvera par l'article 72, ou par le quatriéme Cas du Probleme 6, le rapport des vitesses ou sillages des deux Vaisseaux, & ensuite, par le Probleme précedent, on aura le rapport entre les quantités, dont ils gagnent au vent dans un temps donné.

EXEMPLE.

Les formes des Vaisseaux étant telles, qu'on puisse les rapporter aux Tables 6 & 15. Avec les angles du rumb de vent & de la quille, on prendra les expressions des vitesses ; celle du premier Vaisseau ou corespondantes à 55 degrés est 556, & celle du second Vaisseau qui répond à 34 degrés est 394. Mais les angles d'incidence du vent sur les voiles sont de 35 degrés au premier Vaisseau, & 22 degrés au second, on multiplira 556 par le sinus de 35 degrés qui est 57358 & 394 par le sinus de 22 degrés qui est 37461, & l'on aura les deux produits 31891048 & 14759634 ; le premier pour l'expression du sillage du premier Vaisseau, & le second pour celui du deuxiéme ; on peut sans erreur sensible diminuer l'expression de ce rapport, & le réduire à celui de 319 à 148. Pour avoir maintenant le rapport des quantités dont les deux Vaisseaux ont gagnés au vent, il faut avoir égard à la dérive, laquelle suivant nos Tables est de 3 degrés au premier Vaisseau, & 6 degrés au second : ainsi l'angle du vent & de la route du premier sera de 58 degrés, & l'angle du vent & de la route du second de 40 degrés ; on dira donc, suivant le second Cas du Probleme précedent pour le premier Vaisseau.

Com-

Digitized by Google

Comme le ſinus total 100000.
Au ſinus du complement de 40 degrés 76604.
Ainſi 148 expreſſion du ſillage du ſecond Vaiſſeau, à la quantité dont il gagne au vent, qu'on trouve de 113.

D'où l'on voit que les quantités dont ces deux Vaiſſeaux gagneroient au vent, ſeroient dans le rapport de 169 à 113, ou ſi l'on veut, comme 100 à 67, à peu près.

135. Si on veut ſe ſervir des logarithmes, on abregera beaucoup ces calculs, car il faut ſimplement ajouter enſemble ces trois logarithmes, ſçavoir, 1°. Le logarithme des expreſſions des viteſſes priſes dans nos Tables, 2°. Le logarithme des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, 3°. Et le logarithme du ſinus du complement de l'angle de la ligne du vent & de la route; enfin après avoir retranché le premier caractere de la ſomme de ces trois logarithmes, on aura le logarithme de la quantité dont le Vaiſſeau gagne au vent.

CALCUL.

De l'Exemple ci-deſſus par les logarithmes.

1°. L'expreſſion de la viteſſe du premier Vaiſſeau, eſt 556.

2°. L'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 35 degrés.

3°. L'angle du vent & de la route de 58 degrés, & l'on trouvera les trois logarithmes.

Le premier de . . . . 2. 74507.
Le deuxiéme de . . . . 9. 75859.
Et le troiſiéme de . . . . 9. 72421.

Somme de ces trois logarithmes 2. 222787.

De laquelle ſomme ayant ôté le premier caractere, reſte 2. 22787 pour le logarithme de la quantité, dont le premier Vaiſſeau gagne au vent; ce logarithme ré-

Digitized by Google

pond à 169, qui est la même quantité que nous avons trouvée par la premiere Methode.

Pour avoir la quantité dont le second vaisseau gagne au vent, l'on a 1°. L'expression de la vitesse prise dans les Tables de 394. 2°. L'angle d'incidence du vent sur les voiles de 22 degrés, & l'angle de la ligne du vent & de la route de 40 degrés, ainsi les trois logarithmes seront.

Le premier de	2. 59550.
Le deuxiéme de	9. 57357.
Et le troisiéme de	9. 88429.
Somme	2. 505332.

De laquelle ayant ôté le premier chiffre, restera 2. 05332 pour le logarithme de 113, expression de la quantité, dont le deuxiéme Vaisseau gagne au vent, & la même que nous avons trouvée ci-dessus.

Il est si aisé de voir la raison de cette operation, par les logarithmes, que je ne crois pas devoir m'y arrêter.

REMARQUE.

136. La comparaison que nous venons de faire sur deux Vaisseaux qui se disputent l'avantage du vent, s'applique de soi-même aux Vaisseaux qui voudroient s'élever d'une Côte, & prendre le large contre vent & marée, & pour doubler un Cap. On peut faire aussi la même comparaison sans beaucoup d'erreur, sur deux Flotes Ennemies qui se disputent l'avantage du vent.

PROBLEME II.

137. Trouver le chemin qu'un Vaisseau peut faire en presentant le côté au vent.

Dans un gros temps qu'on ne peut porter à route, ou dans un parage dangereux, on met le Vaisseau côté à travers, parce que alors la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau, est la plus grande de toutes; &

Digitized by Google

par conſequent ſon ſillage le plus retardé qu'il eſt poſſible. Or ſi nous ſuppoſons que le Vaiſſeau ſoit pouſſé par une même force de vent, ſoit qu'il préſente la poupe pour aller vent arriere, ou qu'il preſente le côté pour dériver, le plus qu'il eſt poſſible ; il ſera très facile de trouver les rapports entre les viteſſes de ces deux Cas ; car par l'article 67, on trouvera le rapport entre la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſon côté ; & par l'article 68 les viteſſes ſont entre elles en raiſon réciproque, ſous-doublée de réſiſtances.

EXEMPLE.

138. Si la forme du Vaiſſeau peut ſe rapporter aux ſegmens de 30 degrés, ſa réſiſtance à fendre l'eau par le côté ſera par l'article 67, à la réſiſtance à fendre l'eau par ſa pointe, comme 220 eſt à 1, & par l'article 68 on dira comme $\sqrt{220}$ eſt à $\sqrt{1}$; ainſi la viteſſe du Vaiſſeau en fendant l'eau par ſa pointe, ſera à ſa viteſſe en fendant l'eau par le côté.

Mais nous avons ſuppoſé dans nos Tables la viteſſe du Vaiſſeau en fendant l'eau par ſa pointe de 1000, d'où l'on voit que pour avoir l'expreſſion de la viteſſe par le côté, il faut ſimplement diviſer 1000 par la racine quarrée de 220, & l'on aura près de 68.

On pourra comparer cette expreſſion de viteſſe avec toutes celles qui ſont dans la Table, car ſi l'on fait, par exemple, que dans un gros temps le Vaiſſeau a fait 5 lieuës par heure, dans le temps que l'angle du rumb de vent & de la quille étoit de 110 degrés, comme l'expreſſion de la viteſſe eſt dans ce Cas de 881 ; pour avoir le chemin que le Vaiſſeau feroit, pouſſé par une même force de vent, après avoir mis côté à travers, on dira ſi 881 donnent 5 lieuës, 68 donneront $\frac{340}{881}$ d'une lieuë : ainſi un Vaiſſeau qui auroit fait 120 lieuës en 24 heures dans le premier Cas, ne feroit qu'environ 9 lieuës dans le ſecond ; mais il ne faut regarder ce calcul que comme

Digitized by Google

un à peu près très incertain car d'ordinaire dans un gros temps on cargue & ferle les voiles, & le vent agit beaucoup sur le corps du Vaisseau, ce qui fait qu'il n'est pas possible de connoître dans quel rapport de force le Vaisseau est poussé dans les deux Cas. On ne doit pas cependant negliger le calcul, parce que par son moïen on aura des limites qui éclaireront l'esprit, & qui contribueront toujours à faire une estime beaucoup plus juste.

PROBLEME XII.

Déterminer les differens sillages d'un ou de plusieurs Vaisseaux, rélativement aux differentes quantités des voiles.

139. Lorsqu'un Vaisseau fait route, il se trouve obligé quelquefois de diminuer son sillage, soit pour attendre quelqu autre Vaisseau, soit pour courir moins de risque dans un parage dangereux. On diminuë pour cet effet la quantité des voiles, ce qui diminuë par l'article 76 la vitesse du Vaisseau dans le rapport des racines quarrées des superficies des voiles. Supposons, par exemple, que pendant qu'un Vaisseau fait trois lieuës par heure, on cargue les voiles & qu'on diminuë leur superficie d'un tiers, tout restant d'ailleurs de même : la vitesse du Vaisseau dans le premier Cas, sera à celle du second, comme la racine quarrée de 3, est à la racine quarrée de deux, ou à peu près comme 5 est à 4 ; on dira donc si 5 donnent 4 combien 3 lieuës, on aura 2 lieuës $\frac{2}{5}$ pour le sillage du Vaisseau, après avoir diminué les voiles d'un tiers.

140. Mais si outre la diminution des voiles, la vitesse respective du vent sur les voiles diminuë aussi, alors les sillages du Vaisseau seront, par l'article 77, en raison composée de la raison simple des vitesses rélatives du vent, & de la raison sous-doublée des superficies des

voiles, ou comme les produits de la viteſſe reſpective du vent par la racine des ſuperficies des voiles. Soit par exemple, la viteſſe reſpective du vent dans le premier Cas exprimé par 10, celle du ſecond Cas par 7 : la racine des ſuperficies des voiles du premier cas exprimée par 5, & celle du ſecond cas par 4. La viteſſe du Vaiſſeau dans le premier cas, ſera à ſa viteſſe dans le ſecond cas, comme le produit de 10 par 5, eſt au produit de 7 par 4, ou comme 50 à 28, ou 25 à 14. Ainſi ſi le Vaiſſeau fait dans le premier cas 3 lieuës par heure, pour avoir ſon chemin dans le deuxiéme cas, on dira, ſi 25 donnent 3 lieuës, 14 donneront 1 lieuë $\frac{7}{5}$.

Comme d'ordinaire c'eſt dans le temps que le vent devient trop fort, qu'on cargue ou qu'on ride les voiles, ainſi la viteſſe reſpective du vent eſt preſque toujours plus grande dans le deuxiéme cas ; au contraire de l'Exemple que nous venons de donner. Suppoſons donc, que la viteſſe du vent dans le premier cas étant exprimée par 3, celle du ſecond ſoit exprimée par 10, & la racine des ſuperficies des voiles étant dans le premier cas marquée par 7, elle le ſoit par 5 dans le deuxiéme cas ; or ſuivant ces rapports le ſillage du Vaiſſeau dans le premier cas, ſera à ſon ſillage dans le deuxiéme cas comme le produit de 3 par 7, eſt au produit de 10 par 5, ou comme 21 à 50. Ainſi le Vaiſſeau faiſant dans le premier cas 21 lieuës dans un certain temps, feroit dans le deuxiéme cas 50 lieuës dans le même temps.

141. Il eſt aiſé de voir que pour que la viteſſe du Vaiſſeau ſoit la même dans les deux cas, il faut que les racines des ſuperficies des voiles ſoient réciproques aux viteſſes reſpectives du vent, parce qu'alors les produits de la racine des voiles & de la viteſſe du vent, dans chaque cas, ſeront égaux. Si par exemple, la racine des voiles dans le premier cas eſt exprimée par 7, celle du deuxiéme cas par 5, la viteſſe reſpective du vent dans le premier cas par 50, & celle dans le deuxiéme par 70, les

Digitized by Google

deux produits feront 350, & par confequent les viteffes du Vaiffeau feront les mêmes.

Nous pouvons conclure encore de tout ceci, que la fuperficie des voiles étant connuë, avec la viteffe rélative du vent; fi le vent vient à fe renforcer, & qu'on fçache par le Problême 4. à peu près dans quel rapport; il fera aifé de connoître de combien il faut carguer ou diminuer les voiles, pour que le fillage du Vaiffeau refte le même, ou à peu près. Car le produit de la racine des voiles & de la viteffe du vent du premier cas, étant égal au produit de la viteffe du vent du fecond cas, par la racine des voiles; fi on divife le produit du premier cas, par la viteffe refpective du vent du fecond cas, le quotient donnera la racine des voiles du fecond cas. Si la racine des voiles du premier cas eft exprimée par 8, la viteffe du vent par 12, & la viteffe du vent du fecond cas par 16, on divifera le produit de 8 par 12, ou 96 par 16, le quotient 6 exprimera la racine quarrée des voiles du fecond cas; ainfi la quantité des voiles du premier cas, fera à la quantité des voiles du fecond cas, comme le quarré de 8 eft au quarré de 6, ou comme 64 à 36, & plus fimplement comme 16 à 9; ainfi il faudroit réduire les voiles aux $\frac{9}{16}$ de ce qu'elles avoient d'abord: ou pour rendre la chofe plus fenfible, confervant aux voiles leur même largeur d'en verguer, leur hauteur ou leurs chûtes étant de 16 pieds, il faudroit les réduire à 9 pieds.

142. Mais ce qui peut encore être très commode pour la pratique, c'eft qu'on peut fe paffer de connoître la fuperficie des voiles, tant pour déterminer le rapport entre les fillages du Vaiffeau, que pour lui conferver le même fillage, & cela en prenant l'unité pour la furface des voiles du premier cas; car il eft aifé de voir que par cette Methode la fuperficie des voiles du fecond cas, fera exprimée par une fraction laquelle marquera le rapport entre les furfaces des voiles des deux

Digitized by Google

cas. Dans l'Exemple ci-dessus on aura 1 pour la surface des voiles, 12 pour la vitesse du vent du premier cas, & 16 pour celle du second : divisant, 12 par 16, vient la fraction $\frac{12}{16}$ ou $\frac{3}{4}$ pour l'expression de la racine quarrée voiles du second cas ; & quarrant cette fraction on aura $\frac{9}{16}$, pour l'expression des surfaces des voiles du second cas, la même que ci-dessus.

Ce que nous disons ici d'un seul Vaisseau, se peut entendre de deux ou de plusieurs Vaisseaux differens, à peu près, de même forme, portent plus ou moins de voiles.

143. Si outre les changemens de force du vent, & des quantités des voiles, le Vaisseau change de route alors, il faudroit avoir égard à la differente direction du vent sur les voiles, laquelle augmente ou diminuë le sillage par l'article 70, dans le rapport des sinus d'incidence du vent sur les voiles ; ainsi pour avoir le rapport des vitesses du Vaisseau dans les deux cas, il faut trouver le rapport composé des racines des voiles, des vitesses respectives du vent, & des sinus d'incidence du vent sur les voiles. Soit par exemple, dans le premier cas la racine des voiles exprimée par 1, la vitesse rélative du vent par 50, & l'angle d'incidence du vent sur les voiles de 45 degrés, dont le sinus est 70710, & dans le second cas la racine des voiles exprimée par cette fraction $\frac{2}{5}$, la vitesse rélative du vent de 80, & l'angle d'incidence du vent sur les voiles de 30 degrés, dont le sinus est 50000 ; or par l'article 79, les vitesses du Vaisseau seront en raison composées de ces trois raisons, ou comme les produits de ces trois quantités, sçavoir, du produit de 1 par 50 & par 70710, qui est 3535500, au produit de $\frac{2}{5}$ par 80 & par 50000, qui est 1600000 ; donc la vitesse du Vaisseau dans le premier cas, sera à celle du second, comme 3535500 à 1600000, ou à peu près comme 100 à 45.

144. S'il arrive enfin que l'angle des voiles & de la quille soit different dans les deux cas, il faut pour lors,

prendre dans les Tables les expreſſions des viteſſes coreſpondantes aux angles des voiles & de la quille, & faire une raiſon compoſée de la ſous-doublée des ſurfaces des voiles, de la raiſon ſimple des viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles, & de la raiſon des expreſſions des viteſſes priſes dans les Tables : cette raiſon compoſée ſera par l'article 79, la même que celle des viteſſes du Vaiſſeau. Si la forme du Vaiſſeau eſt telle qu'on puiſſe le rapporter aux Tables 6 ou 15, & que dans le premier cas l'expreſſion de la racine des voiles ſoit 1, la viteſſe rélative du vent 50, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 45 degrés dont le ſinus eſt 70710, & l'angle des voiles & de la quille de 27 degrés, lequel angle donne dans les Tables 6 ou 15, 665 pour la viteſſe & dans le ſecond cas, la racine des voiles $\frac{4}{5}$, la viteſſe rélative du vent 80, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 39 degrés, dont le ſinus eſt 62932, & l'angle des voiles & de la quille de 22 degrés, avec lequel on trouve dans les Tables la viteſſe 588. Or il eſt très aiſé de voir que le produit des quatre premieres quantités, ſçavoir 1, 50, 70710, & 665, eſt au produit des quatre ſecondes quantités, ſçavoir $\frac{4}{5}$, 80, 62932 & 588, comme 100 à 84; ainſi ſi le Vaiſſeau faiſant dans le premier cas 100 lieuës dans un temps donné, il ne feroit dans le ſecond cas, que 84 lieuës dans le même temps.

Il eſt bon d'obſerver qu'on ne doit pas ici ſe promettre une exactitude rigoureuſe, car la viteſſe du vent n'étant pas infinie, par rapport à celle du Vaiſſeau; il eſt certain que la viteſſe du Vaiſſeau venant à augmenter ou diminuer, augmente ou diminuë la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles; mais cette quantité ſera toujours très petite, par rapport à la viteſſe abſoluë du vent, & par conſequent à la rélative du vent ſur les voiles, ce qui rendra l'erreur fort petite.

PRO-

Digitized by Google

PROBLEME XIII.

Comparaiſon des ſillages d'un Vaiſſeau dans les differentes voilures, vent arriere, vent largue, & vent de bouline.

145. Une des choſes des plus eſſentieles pour faire cette comparaiſon, eſt de connoître la quantité de voiles que le Vaiſſeau porte dans chaque voilure. Comme cette quantité eſt preſque toujours differente, nonſeulement aux differens Vaiſſeaux, mais même aux differentes voilures d'un même Vaiſſeau, nous ne ſçaurions faire ici une comparaiſon bien juſte des ſillages; il eſt cependant très facile aux Officiers & aux Pilotes, qui montent un Vaiſſeau, de connoître le port ou la quantité des voiles. Pour rendre la methode de ce Probleme plus ſenſible, ſuppoſons qu'un Vaiſſeau du troiſiéme rang porte de vent arriere.

La Miſaine de 68 pieds d'envergure ſur 36 pieds de cheute qui font 2448 pieds quarrez, la Civadiere de 49 pieds ſur 23 qui font 1127 pieds, le grand Hunier de 3455, le grand Peroquet de 950; les ſurfaces de ces voiles étant ajoûtées enſemble, donneront 7980 pieds quarrez de ſurface de voile que le Vaiſſeau porte de vent arriere.

Voici à peu près les quantités des voiles, que ce même Vaiſſeau porte de vent largue & de vent de bouline.

La grande Voile de 75 pieds d'envergure, ſur 42 pieds de cheute, ci	3155. pieds.
La Miſaine de même que ci-deſſus de . .	2448.
La Civadiere de même que ci-deſſus de .	1127.
Le grand & le petit Hunier joints enſemble.	5546.
La Voile d'artimont	1400.
Le Peroquet d'artimont	950.
Le petit Peroquet	666.

Digitized by Google

La ſomme de toutes ces ſurfaces de voiles, eſt de 16392 pieds quarrez. Nous prenons ici cette quantité de voiles, pour celle que le Vaiſſeau porte de vent largue & de vent de bouline.

Or toutes choſes étant d'ailleurs égales, les ſillages du Vaiſſeau ſeroient entr'eux, par le Probleme précedent, comme les racines quarrées de ſurfaces des voiles ; ainſi ſi on tire les racines de 7980 & de 16392, on trouvera, à peu près, 89 & 128 ; donc dans ce cas les ſillages du Vaiſſeau ſeroient entr'eux dans le même rapport que 89 à 128.

Mais les angles des voiles & de la quille étant differens, on prendra dans nos Tables les expreſſions des viteſſes correſpondantes aux mêmes angles, & de plus les angles d'incidence du vent ſur les voiles étant encore differens, les ſillages du Vaiſſeau ſont par l'article 72, dans le rapport des ſinus des mêmes angles.

Donc en ſuppoſant la viteſſe rélative du vent la même dans les trois cas, de vent arriere, de vent largue, & de vent de bouline ; les ſillages du Vaiſſeau ſeront par l'article 72, en raiſon compoſée de ces trois raiſons, ſçavoir, de la raiſon ſimple des racines des voiles, de la raiſon des viteſſes priſe dans les Tables, & de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, ou comme les produits de ces trois quantités, l'exemple, rendra ceci plus ſenſible.

EXEMPLE.

146. Puiſque de vent arriere, on peut regarder le lieu de la route comme directement oppoſé à celui du rumb ou de la ligne du vent, dans ce cas on peut mettre les plans ou les ſurfaces des voiles perpendiculaires à la ligne du vent, & ces mêmes ſurfaces ſeront auſſi perpendiculaires à la quille ; ainſi on peut dire que de vent arriere l'angle de la ligne du vent & de la quille eſt de 180 degrés, l'angle des voiles & de la quille de 90

Digitized by Google

degrés, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, de 90 ; on aura donc de vent arriere la racine des voiles, trouvée ci-deſſus de 89 degrés.

Avec l'angle des voiles & de la quille, on trouvera dans nos Tables l'expreſſion de la viteſſe de . 1000.
Et le ſinus de l'angle d'incidence du vent ſur les voiles ſera de . . . . . . 100000.

Le produit des ces trois quantités, qui eſt 8900000000 exprimera la viteſſe du Vaiſſeau de vent arriere. Il eſt bon d'obſerver que nous ſuppoſons ici que la forme du Vaiſſeau eſt telle qu'on puiſſe le rapporter à la Table 15.

Soit pour le cas que le Vaiſſeau fait route de vent largue, le lieu de la route éloigné de 13 airs de vent de celui du rumb de vent, ce qui donnera l'angle de la ligne du vent & de la quille, ou de la route, ſi la dérive eſt nulle, de 146 degrés 15 minutes ou ſimplement de 146 degrés : on trouvera dans la Table l'angle des voiles & de la quille de 68 degrés ou environ, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 78 degrés ; ainſi on aura dans ce cas la racine des voiles trouvée ci-deſſus de 128, avec l'angle des voiles & de la quille, on trouvera dans la Table l'expreſſion de la viteſſe de 956, & le ſinus de 78 degrés, angle d'incidence du vent ſur les voiles de 97815, le produit de ces trois quantités qui eſt 11969425920, ſera l'expreſſion de la viteſſe du Vaiſſeau de vent largue.

Soit pour le cas que le Vaiſſeau fait route de vent de bouline, le lieu de la route éloigné de celui du vent d'environ cinq airs de vent, ou que l'angle de la ligne du vent & de la route ſoit de 58 degrés, on trouvera dans la Table 15 que dans ce cas, l'angle des voiles & de la quille doit être à peu près, de 20 degrés, l'angle d'incidence de la ligne du vent ſur les voiles de 35 degrés, l'expreſſion de la viteſſe de 556, & comme dans ce cas, la dérive ſe trouve de 3 degrés, l'angle du

Digitized by Google

rumb de vent & de la quille doit être de 55 degrés ; On aura donc les trois quantités suivantes, la racine des voiles trouvée ci-dessus de . . 128. degrés,
L'expression de la vitesse de . . . . 556.
Et le sinus de 35 degrés, angle d'incidence du vent sur les voiles de . . . 57358.

Le produit de ces trois quantités qui est 4082054144, sera l'expression de la vitesse du Vaisseau de vent de bouline.

Comme les expressions des vitesses du Vaisseau que nous venons de trouver pour ces trois voilures, de vent arriere, de vent largue, & de vent de bouline, sont exprimées par des nombres trop composés, il convient de les rendre plus simples. Si l'on suppose pour cet effet que la vitesse du Vaisseau de vent largue soit exprimée par 100, on aura celle du vent arriere en disant si 11969425920 expression de la vitesse du vent largue, donne 100, combien donnera 8900000000, expression de la vitesse de vent arriere. Ayant achevé la regle, on trouvera, à peu près, 74 pour la vitesse du Vaisseau de vent arriere. Et pour avoir celle de vent de bouline, on dira, si 11969425920 donne 100, combien 4082054144, expression de la vitesse de vent de bouline. Ayant achevé la regle on aura, à peu près, 34 pour la vitesse du Vaisseau de vent de bouline ; on aura donc ces trois autres expressions des vitesses du Vaisseau 74 de vent arriere, 100 de vent largue, & 34 de vent de bouline. Ainsi le Vaisseau faisant 100 lieuës de vent largue dans un temps donné, ne feroit que 74 lieuës de vent arriere, & 34 de vent de bouline, ou à peu près, ce qui est assés conforme à l'experience, & prouve la bonté de nos regles.



REGLES GENERALES,

Pour connoître l'effort abſolu de l'eau & du vent, & en particulier de l'effort de l'eau ſur la Prouë & le corps du Vaiſſeau, & du vent ſur les voiles.

COMME on pourra appliquer à la Manœuvre la plûpart des Regles ſuivantes, j'ai crû que je pouvois les donner ſans ſortir de mon ſujet; elles ſont d'ailleurs curieuſes & très utiles, elles ne ſont même pour la plûpart qu'une ſuite des uſages de mes Tables. Mais comme je me ſuis propoſé de ne donner dans ces uſages aucuns calculs algebriques, je me contenterai de donner ſeulement les reſultats de celles de ces Regles, dont les Démonſtrations demandent des calculs d'algebre; ces Démonſtrations ſont d'ailleurs ſi ſimples, que pour peu qu'on ſoit verſé dans l'algebre, on les découvrira ſoi même.

Trouver la force de l'Eau ſur une ſurface d'un pied quarré, ſa viteſſe étant d'un pied par ſeconde de temps.

147. C'eſt un principe démontré dans les hydrauliques, que l'effort de l'impulſion de l'eau par ſa viteſſe contre une ſurface plane, eſt égal au poids d'un ſolide d'eau, qui auroit pour baſe la ſurface choquée, & pour hauteur celle d'où l'eau doit tomber pour acquerir cette viteſſe. Cela poſé pour connoître la force de l'impulſion de l'eau, ſa viteſſe étant connuë, il faut trou-

Digitized by Google

ver la hauteur de ce ſolide, dont le poids à raiſon de celui du pied cube d'eau, que nous prenons de 70 livres, ſera la valeur de la force de l'impulſion ; voici la Methode de connoître la hauteur de ce ſolide. On a trouvé par experience, qu'un corps en tombant parcourt dans la premiere ſeconde de ſa chûte un eſpace de 14 pieds, & l'on ſçait que ſi ce corps eſt mû d'une viteſſe uniforme, égale à ſa viteſſe acquiſe à la fin de ſa chûte de 14 pieds, cette viteſſe uniforme ſera de 28 pieds par ſeconde : il eſt donc conſtant qu'un corps peſant ſoit ſolide, ſoit fluide, comme l'eau, doit tomber d'une hauteur de 14 pieds,pour acquerir une viteſſe de 28 pieds par ſeconde ; mais il eſt demontré dans tous les traités du mouvement des eaux, que les viteſſes des eaux ſont comme les racines de la hauteur de leurs chûtes, ou ce qui eſt le même, que les hauteurs des chûtes ſont comme les quarrés des viteſſes ; donc pour avoir la hauteur d'où l'eau doit tomber pour acquerir une viteſſe d'un pied par ſeconde, on dira comme le quarré de 28 qui eſt 784, eſt au quarré de 1 qui eſt 1 ; ainſi 14 ſera à la hauteur cherchée $\frac{14}{784}$ ou $\frac{1}{56}$. Ainſi la hauteur du ſolide d'eau, dont le poids donne la valeur de la force de l'impulſion par ſa viteſſe d'un pied par ſeconde eſt $\frac{1}{56}$ d'un pied : or la ſurface ayant un pied quarré, le ſolide ſera $\frac{1}{56}$ d'un pied cube d'eau ou de 70 livres, ce qui donne une livre un quart ou 20 onces.

Trouver la force du Vent ſur une ſurface d'un pied quarré, ſa viteſſe étant d'un pied par ſeconde de temps.

148. Suivant les experiences de M. Mariotte, pour que l'impulſion du vent ſoit égale à celle de l'eau ſur une même ſurface, ou ſur des ſurfaces égales, la viteſſe du vent doit être 24 fois plus grande que celle de l'eau : or par l'article 2, les impulſions des fluides ſont com-

Digitized by Google

me les quarrez des vitesses, donc l'impulsion du vent qui n'a qu'un pied de vitesse par seconde, est à celle d'un vent qui a 24 pieds de vitesse, comme le quarré de 1 est au quarré de 24, ou comme 1 est à 576; mais l'impulsion de l'eau avec un pied de vitesse par seconde, étant égale à celle d'un vent de 24 pieds, il est certain que si l'eau & le vent n'ont chacun qu'un pied de vitesse par seconde, l'impulsion de l'eau sera à celle du vent, sur une même surface, comme 576 est à 1, donc l'eau & le vent rencontrant des surfaces égales, avec des vitesses égales, sous des angles d'incidence égaux, la force de l'impulsion de l'eau sera 576, fois plus grande que celle du vent.

Ce rapport de 576 à 1, est comme nous l'avons remarqué dans les Mémoires de l'Academie de 1729. page 388, le même que celui du poids d'une once à celui d'un grain, c'est-à-dire, que l'impulsion de l'eau donnant des onces, celle du vent, toutes choses d'ailleurs égales, ne donnera que des grains: ainsi l'impulsion de l'eau sur un pied quarré avec une vitesse d'un pied par seconde, étant de 20 onces, celle du vent sur un pied quarré, avec une vitesse d'un pied, sera de 20. grains.

149. Voila la raison pour laquelle j'ai dressé ma premiere Table des forces totales & des laterales, perpendiculaires, & paralleles à la direction de l'eau, pour tous les angles d'incidence de 30 en 30 minutes, en prenant la plus grande force totale de 20 onces pour l'eau, & de 20 grains pour le vent; par-là, cette Table sert également pour l'eau & le vent, mais pour éviter les fractions, au lieu de 20 nous avons pris 20000; ce qui rend les fractions negligées moindres qu'un milliéme d'une once pour l'eau, & qu'un milliéme d'un grain pour le vent. On trouve par cette Table les forces totales des impulsions obliques, & des laterales perpendiculaires & parallaleles avec une extrême facilité, comme on va voir par les exemples suivans.

Digitized by Google

150. Soit une surface plane de 64 pieds quarrés choquée sous un angle d'inclinaison de 40 degrés, avec une vitesse de 10 pieds par seconde de temps : pour avoir la force totale de l'impulsion, on prendra 1°. dans la Table vis-à-vis de 40 degrés 8264 2°. on multiplira ce nombre par 100 quarré de la vitesse 10, ce qui donne 826400 3°. ce dernier nombre étant multiplié par celui des pieds quarrés de la surface qui est 64, donne 52889600. pour la valeur de la force de l'impulsion en milliémes, qu on réduira en divisant par 1000, ou en coupant les trois derniers chifres, en onces pour l'eau ; & en grains pour le vent : on aura donc 52889 $\frac{3}{5}$ onces pour l'eau, ou 3305 livres 9 onces $\frac{3}{5}$. Mais si c'est pour le vent, on reduira les 52889 grains en livres par les réductions ordinaires, pour avoir 5 livres 11 onces 6 gros 42 grains, valeur de l'impulsion du vent sur une surface de 64 pieds, par un vent de 10 pieds de vitesse par seconde, & sous un angle d'incidence de 40 degrés.

151. Si au lieu de la force totale, on veut avoir la force laterale parallele à la direction de l'eau ou du vent, on trouvera vis-à-vis de 40 degrés 5312 pour l'expression de la force laterale parallele de l'eau & du vent, sur un pied quarré avec une vitesse d'un pied : mais la vitesse étant supposée de 10 pieds, & les impulsions étant comme les quarrés des vitesses, il est évident qu'il faut multiplier 5312 par 100 quarré de 10, pour avoir 531200 pour un pied quarré ; ainsi la surface étant de 64 pieds, il faut multiplier 531200 par 64, pour avoir 8396800, & divisant par 1000, on aura 8396 $\frac{4}{5}$ onces pour l'eau & grains pour le vent, qu'on réduira en livres pour avoir 524 livres 12 onces $\frac{4}{5}$ pour l'eau, & 14 onces 4 gros 42 grains pour le vent.

152. C'est encore la même operation pour la laterale perpendiculaire, car on trouvera dans la Table vis-à-vis de 40 degrés, l'expression de la laterale perpendiculaire

Digitized by Google

culaire de 6345, qu'il faut multiplier dans cet Exemple par 100, & le produit par 64 ; & ayant retranché les trois derniers chifres, on aura 40608 onces pour l'eau, & grains pour le vent.

Il est bon de remarquer que ces calculs étant fondés sur les pesanteurs specifiques de l'eau & de l'air, les calculs pour l'eau sont beaucoup plus sûrs & plus certains que ceux du vent, la pesanteur de l'eau étant beaucoup mieux connuë que celle de l'air ; car quoi que nous ayons pris d'après les experiences de M. Mariotte le rapport du poids de l'eau à celui de l'air, comme 576 à 1, la plûpart de Phisiciens font l'air beaucoup plus leger en prenant ce rapport de 8 à 900 à 1, il doit même être variable suivant que l'air est plus ou moins condensé.

Je ne m'arrêterai pas ici à expliquer plusieurs usages très utiles de cette premiere Table, comme de calculer la force des Moulins à eau, celle des Moulins à vent, &c. les surfaces des aubes & des aîles étant connuës.

153. Si les prouës des Vaisseaux étoient formées de plusieurs surfaces planes diversement inclinées, il seroit aisé de connoître l'effort total de la résistance de l'eau sur toute la prouë, en prenant l'effort lateral parallele à la direction de l'eau ou de la route du Vaisseau, sur chaque petite surface suivant sa grandeur & son inclinaison, la vitesse du Vaisseau étant connuë. la somme de tous ces efforts donneroit la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau par sa prouë, lorsque la dérive est nulle ou fort petite.

Si au contraire les courbures des prouës étoient regulieres, & qu'on pût regarder leur surface comme une portion d'un conoïde, formé par la révolution d'une courbe dont la nature fut connuë ; alors on pourroit, par la theorie des impulsions sur les surfaces courbes, trouver l'effort total de la résistance de l'eau, comme M. Bouguer a fait dans son Traité de la Mâture. Cette voïe est sans doute la plus naturelle & la plus élegante ; mais

O

Digitized by Google

elle a deux inconveniens conſiderables, le premier eſt que les ſurfaces courbes des prouës ſont irregulieres, & le ſecond eſt que ſuppoſé que ces ſurfaces fuſſent régulieres ; on tombe preſque toujours, dans des differentielles qui ne ſont point integrables, & ne laiſſent qu'une idée très confuſe de ce qu'on cherche. Ainſi la voye la plus courte eſt de ſuppoſer que les ſurface courbes des prouës ſont compoſées d'un grand nombre de petites ſurfaces planes triangulaires, ou de telle autre figure qu'on voudra, la ſomme des efforts ſur toutes ces ſurfaces, ſera, à peu près, égale à l'effort de la réſiſtance de l'eau ſur toute la prouë, ou de la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau.

154. Lorſqu'on aura trouvé par cette Methode l'effort de la réſiſtance de l'eau ſur toute la prouë d'un Vaiſſeau, il ſera aiſé de trouver la grandeur d'une ſurface plane, ſur laquelle ſe feroit un effort égal à celui qui ſe fait ſur toute la prouë, & de comparer cette ſurface à celle du plan de la coupe, de l'avant du Vaiſſeau perpendiculaire à la quille, ou au plan fait de la hauteur du Vaiſſeau priſe depuis la quille juſqu'au niveau de l'eau.

Nous nommerons la ſurface plane, ſur laquelle ſe feroit un effort égal à celui qui ſe fait ſur toute la prouë, *le plan reduit.* Il eſt viſible que ce plan reduit ſera d'autant plus petit, par rapport au plan de la coupe du Vaiſſeau, que le gabarit où les façons de la prouë ſeront plus approchantes de la ſurface courbe de la moindre réſiſtance à fendre l'eau, trouvée par les Geometres, ou que le Vaiſſeau ſera plus fin de voile.

Dans les Vaiſſeaux ordinaires ce plan reduit eſt à peu près, entre $\frac{1}{7}$ & $\frac{1}{10}$ du plan de la coupe du Vaiſſeau, c'eſt ce que nous eſperons de verifier encore mieux dans la ſuite, nous le ſuppoſerons ici de $\frac{1}{9}$ du plan total : ainſi un Vaiſſeau du premier rang ayant 44 pieds $\frac{2}{3}$ de large, le plan total de la coupe verticale de la prouë per-

pendiculaire à la quille sera, à peu près, de 692 pieds dont le neufviéme 76 $\frac{1}{9}$ ou 77 pieds, sera la valeur du plan reduit.

155. Ayant trouvé la valeur du plan reduit, il sera aisé de connoître la force absoluë de la résistance de l'eau contre la prouë du Vaisseau, sa vitesse étant connuë en pieds par seconde de temps. On trouvera la vitesse du Vaisseau en pieds par seconde, en sçachant le chemin qu'il fait par heure; car si le sillage du Vaisseau est d'une lieuë par heure, la lieuë marine étant de 2850 toises, on sçaura que le Vaisseau a fait 2850 toises ou 17100 pieds en une heure, ou en 3600 secondes, ce qui donnera 4 pieds $\frac{3}{4}$ par seconde; mais pour éviter la peine du calcul, nous avons dressé la petite Table suivante, dans laquelle on trouvera les vitesses du Vaisseau en pieds, & partie de pieds par seconde, correspondantes aux vitesses par heure, de quart de lieuë en quart de lieuë.



Digitized by Google

TABLE DES SILLAGES,
d'un Vaiſſeau en pied par ſecondes.

Lieuës par heure.		Pieds par ſeconde.	
0	$\frac{1}{4}$	1	$\frac{3}{16}$
0	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{3}{8}$
0	$\frac{3}{4}$	3	$\frac{9}{16}$
1	0	4	$\frac{3}{4}$
1	$\frac{1}{4}$	5	$\frac{15}{16}$
1	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{8}$
1	$\frac{3}{4}$	8	$\frac{5}{16}$
2	0	9	$\frac{1}{2}$
2	$\frac{1}{4}$	10	$\frac{11}{16}$
2	$\frac{1}{2}$	11	$\frac{7}{8}$
2	$\frac{3}{4}$	13	$\frac{1}{16}$
3	0	14	$\frac{1}{4}$
3	$\frac{1}{4}$	15	$\frac{7}{16}$
3	$\frac{1}{2}$	16	$\frac{5}{8}$
3	$\frac{3}{4}$	17	$\frac{13}{16}$
4	0	19	$\frac{0}{0}$

Digitized by Google

156. Si le sillage du Vaisseau est de deux lieuës par heure, on trouvera dans la Table 9 pieds $\frac{1}{2}$ de vitesse par seconde ; or l'impulsion de l'eau sur une surface d'un pied, par un pied de vitesse par seconde, étant de 20 onces, il est clair que pour avoir la force totale de la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau par sa prouë, il faut multiplier 20 onces par le quarré de $9\frac{1}{2}$ qui est $\frac{361}{4}$, pour avoir le produit 1805 onces, lequel produit feroit la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau, si son plan reduit n'étoit que d'un pied quarré, mais ce plan étant de 77 pieds, il faut multiplier 1805 par 77 pour avoir 138985 onces, ou 8686 livres 9 onces, valeur de la force totale de la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau.

Cette force, comme nous avons dit article 13, est toujours égale, & directement opposée à la force du vent sur les voiles.

157. Mais la vitesse respective du vent sur les voiles étant connuë, avec l'angle d'incidence du vent, & la superficie des voiles, si l'on est curieux de connoître, à peu près, la force totale du vent sur les voiles, sans passer par la récherche de celle de l'eau sur la prouë du Vaisseau, on prendra dans la premiere Table, la force totale correspondante à l'angle d'incidence du vent sur les voiles, on multiplira cette force par le quarré de la vitesse respective du vent, & le produit par la surface des voiles, on divisera le dernier produit par 1000, pour avoir la force totale du vent sur les voiles en grains qu'on réduira en livres.

158. Lorsque les voiles d'un Vaisseau du premier rang portent ; toutes leurs surfaces sont, à peu près, de 15480 pieds quarrés ; si l'on suppose la vitesse respective du vent sur les voiles de 30 pieds par seconde, & l'angle d'incidence du vent sur les voiles de 80 degrés, on trouvera dans la premiere Table vis-à-vis de 80 degrés, la force totale de 19397, laquelle étant multi-

Digitized by Google

pliée par 900 quarré de 30, & le produit par 15480 surface des voiles, & enfin ayant divisé ce dernier produit par 1000, on aura la force totale du vent sur les voiles de 270432974 grains, ou de 29343 livres 14 onces.

Cette force étant beaucoup plus grande que la résistance de l'eau, lorsque le Vaisseau fait deux lieuës par heure, nous fait connoître que la vitesse du Vaisseau seroit plus grande, toutes choses restant d'ailleurs les mêmes que nous les avons supposées.

159. Voyons maintenant qu'elle doit être la vitesse du Vaisseau, pour que sa résistance à fendre l'eau soit de 29343 livres 14 onces, ou de 469502 onces; puisque nous avons vû ci-dessus que la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau, est faite du produit de trois quantités, sçavoir de 20 onces, du plan reduit 77 pieds, & du quarré de la vitesse, il est évident que si l'on divise la force de la résistance que le Vaisseau trouve à fendre l'eau, que nous supposons ici de 469502, par 1540 produit de 77 par 20, le quotient 304 $\frac{61}{70}$, sera le quarré de la vitesse du Vaisseau, en pieds par seconde: or la racine quarrée de 304 $\frac{61}{70}$, est à peu près de 17 pieds [illegible], ce qui montre dans la Table ci-dessus, que le sillage du Vaisseau seroit, dans ce cas, de 3 lieuës $\frac{1}{4}$ par heure. On trouvera sans doute que cette vitesse est considerable, mais il faut observer que nous avons supposé que toutes les voiles portent, que dans cette supposition nous avons pris l'angle d'incidence du vent sur les voiles fort grand.

160. Rendons tout ceci plus simple, en faisant abstraction des forces absoluës du vent sur les voiles, & de la résistance de l'eau, il est évident que si les densités ou les pesanteurs specifiques de l'eau & de l'air étoient égales, le produit du quarré de la vitesse du Vaisseau, par le plan reduit, seroit égal au produit du quarré de la vitesse respective du vent par la surface des voiles, & que supposé que la vitesse respective du vent sur les

Digitized by Google

voiles fut simplement égale à la vitesse du Vaisseau, alors le plan reduit seroit égal à la surface des voiles, mais la pesanteur specifique de l'eau étant 576 fois plus grande que celle de l'air, pour que la vitesse du Vaisseau fut égale à la vitesse respective du vent sur les voiles, il faudroit que la surface des voiles fut 576 fois plus grande que celle du plan reduit, & dans ce cas, la vitesse du Vaisseau étant la même que la respective du vent sur les voiles, cette vitesse seroit égale à la moitié de la vitesse absoluë du vent.

161. On peut aisement conclure de tout ce qu'on vient de dire, que le produit du quarré de la vitesse respective du vent, par la surface des voiles, étant divisé par 576, sera toujours égal au produit de la vitesse du Vaisseau, par le plan reduit; or les racines des quantités égales étant égales, il s'ensuit que le produit de la vitesse respective du vent, par la racine quarrée de la surface des voiles, étant divisé par 24, est toujours égal au produit de la vitesse du Vaisseau, par la racine quarrée du plan reduit; on peut donc considerer ces deux produits égaux, comme formés de 4 quantités, sçavoir, de la vitesse respective du vent, de la racine quarrée des voiles divisée par 24, ou de un $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles; de la vitesse du Vaisseau, & de la racine quarrée du plan reduit: or ces quatre quantités faisant toujours deux produits égaux, on peut les réduire en proportion, & trois de ces quantités étant connuës, on trouvera la quatriéme comme on va voir par les Regles suivantes.

REGLES.

Pour trouver la vitesse du Vaisseau.

162. Si l'on connoît la surface du plan reduit, celles des voiles, avec la vitesse respective du vent sur les voiles, on trouvera la vitesse du Vaisseau, par cette

Digitized by Google

Regle de proportion. Comme la racine quarrée du plan reduit, eſt à $\frac{1}{24}$. de la racine quarrée des voiles, ainſi la viteſſe reſpective du vent, ſera à la viteſſe du Vaiſſeau.

E X E M P L E.

163. Soit le plan reduit de 77 pieds, dont la racine eſt à peu près 8 $\frac{77}{100}$ ou $\frac{877}{100}$, la ſurface des voiles de 15480. pieds, dont la racine 124 $\frac{42}{100}$, ou $\frac{12442}{100}$, étant diviſée par 24 donnera à peu près $\frac{518}{100}$.

Si l'on ſuppoſe la viteſſe du vent de 30 pieds par ſeconde, on dira, ſi $\frac{877}{100}$, donnent $\frac{518}{100}$, ou ſimplement ſi 877 donnent 518, combien 30. La Regle étant faite, on trouvera 17 pieds, & environ $\frac{3}{4}$ pour la viteſſe du Vaiſſeau, & cette viteſſe donne dans la Table ci-deſſus, près de 3 lieuës $\frac{1}{2}$ par heure.

R E G L E S.

Pour trouver la valeur du Plan reduit.

164. Si l'on connoît la viteſſe du Vaiſſeau, celle du vent ſur les voiles, avec la ſurface des voiles, on trouvera la valeur du Plan reduit, par cette proportion, laquelle n'eſt que l'inverſe de la précedente. Comme la viteſſe du Vaiſſeau, eſt à la reſpective du vent ſur les voiles, ainſi le $\frac{1}{24}$ de la racine quarrée des voiles, à la racine quarrée du Plan reduit.

Si la viteſſe du Vaiſſeau eſt de 3 lieuës $\frac{1}{2}$ par heure, cette viteſſe donne par la Table, 17 pieds $\frac{13}{16}$ par ſeconde.

La viteſſe reſpective du vent de 30 pieds, & le $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles de $\frac{518}{100}$, on dira ſi 17 $\frac{13}{16}$ ou $\frac{285}{16}$ donnent 30, combien donneront $\frac{518}{100}$, la Regle étant faite, on trouvera près de $\frac{875}{100}$ pour la racine du Plan reduit, dont le quarré ſera entre 76 & 77 pour la valeur du Plan reduit.

165

Digitized by Google

165. Il eſt très aiſé de voir, que connoiſſant la ſurface des voiles, le plan reduit, avec la viteſſe du Vaiſſeau, on trouvera la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles : & qu'enfin connoiſſant la viteſſe reſpective du vent, celle du Vaiſſeau, avec le plan reduit, on trouvera la ſurface des voiles, car dans le premier cas on dira.

Le $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles, eſt à la racine du plan reduit, comme la viteſſe du Vaiſſeau, eſt à la viteſſe reſpective du vent : & au contraire dans le ſecond cas, on dira, comme la viteſſe rélative du vent, eſt à celle du Vaiſſeau, ainſi la racine du plan reduit, ſera à $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles.

166. Pour rendre les Regles précedentes plus ſimples, nous avons ſuppoſé deux choſes qui ne ſçauroient ſe rencontrer toutes deux enſemble dans la pratique ; la premiere que l'angle d'incidence du vent ſur les voiles eſt droit, ou que le Vaiſſeau fait vent arriere, & la ſeconde que toutes les voiles portent ; mais de vent arriere les voiles des mats de l'arriere couvrent, comme nous avons dit, les voiles des mats de l'avant : ainſi ſi l'angle d'incidence du vent ſur les voiles eſt droit, toutes les voiles ne ſçauroient porter, & ſi toutes les voiles portent l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, doit être aigu. Suppoſons d'abord que l'angle d'incidence eſt droit, ou que le Vaiſſeau fait vent arriere : dans ce cas la quantité des voiles au lieu d'être de 15480, ne feroit, à peu près, que de 7536 pieds dont la racine quarrée eſt près de $\frac{8681}{100}$; il faut comme nous avons dit ci-deſſus diviſer cette racine $\frac{8681}{100}$ par 24, pour avoir $\frac{362}{100}$ au lieu de $\frac{518}{100}$, ainſi on mettra ſimplement dans les Regles précedentes $\frac{363}{100}$ au lieu de $\frac{518}{100}$.

Si l'on propoſe par exemple, de trouver la viteſſe du Vaiſſeau, connoiſſant la ſurface du plan reduit, celles des voiles, & la viteſſe reſpective du vent : on dira comme la racine du plan reduit, que nous avons ſup-

poſée ci-deſſus de $\frac{877}{100}$, eſt à la racine de la ſurface des voiles diviſée par 24, qu'on vient de trouver de $\frac{362}{10}$, ou comme 877 eſt à 362, ainſi la viteſſe reſpective du vent, que nous prenons encore de 30 pieds par ſeconde, à la viteſſe du Vaiſſeau, qu'on trouve en achevant la Regle de 12 $\frac{1}{4}$ environ ; cette viteſſe donne dans la Table le ſillage du Vaiſſeau entre 2 $\frac{1}{3}$ & 2, & $\frac{3}{7}$ lieuës par heure.

167. Mais ſuppoſons maintenant que toutes les voiles portent, & que pour cet effet, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles ſoit aigu ; dans ce cas l'action du vent ſur les voiles diminuera dans le rapport du quarré du ſinus total au quarré du ſinus de l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, & il ſera aiſé de voir à ceux qui ont une legere teinture d'algebre, que le produit du quarré de la viteſſe reſpective du vent par la ſurface des voiles diviſée par 576, & par une fraction dont le numerateur eſt le quarré du ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & le dénominateur le quarré du ſinus total, que le produit, dis-je, de ces trois quantités eſt égal au produit du plan reduit par le quarré de la viteſſe du Vaiſſeau. Si on tire la racine quarrée de chaque produit, on aura deux nouveaux produits égaux ; le premier de la viteſſe reſpective, par la racine des voiles, diviſée par 24, & par le ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, diviſé par le ſinus total : & le ſecond de la racine du plan reduit, par la viteſſe du Vaiſſeau. Reduiſant ces deux produits égaux en proportion, en prenant pour un des termes de la proportion le produit de $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles par la fraction, dont le numerateur eſt le ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & le dénominateur le ſinus total ; les autres termes de la proportion ſeront tous ſimples, car ſi celui-ci eſt le premier, le ſecond terme ſera la racine du plan reduit, le troiſiéme la viteſſe du Vaiſſeau, & le quatriéme la viteſſe reſpective du vent, dont trois étant

Digitized by Google

connus on trouvera le quatriéme, par la Regle de proportion.

Si l'on veut trouver, par exemple, la vitesse du Vaisseau, la racine du plan reduit étant de $\frac{277}{100}$, la vitesse respective du vent sur les voiles de 30 pieds, la racine des voiles divisée par 24 de $\frac{518}{100}$, & l'angle d'incidence du vent sur les voiles de 63 degrés, dont le sinus est 89100, lequel étant divisé par le sinus total, donne la fraction $\frac{89100}{100000}$ ou $\frac{891}{1000}$: il faut multiplier $\frac{518}{100}$ par $\frac{891}{1000}$, pour avoir $\frac{461538}{100000}$, & faire ensuite la regle de proportion suivante. Comme la racine du plan reduit $\frac{277}{100}$, est au produit de $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles, par le sinus total que nous venons de trouver de $\frac{461538}{100000}$. Ainsi la vitesse respective du vent de 30 pieds par seconde, à la vitesse du Vaisseau qu'on trouvera, en achevant la Regle, de 15 pieds & environ $\frac{7}{10}$, ce qui donne dans la Table un peu plus de 3 lieuës $\frac{1}{4}$ par heure.

168. Lorsqu'un Vaisseau fait route de vent arriere, ou même d'un vent largue qui approche du vent arriere, la vitesse absoluë du vent est égale à la somme de la vitesse respective du vent sur les voiles, & de celles du Vaisseau ainsi dans le premier Exemple précedent, la vitesse absoluë du vent est égale à la vitesse rélative 30 pieds, plus la vitesse du Vaisseau 12 pieds $\frac{1}{4}$ ou à 42 pieds $\frac{1}{4}$, & dans le second Exemple, la vitesse absoluë du vent est de trente pieds, plus 15 pieds $\frac{7}{10}$, ou de 45 pieds $\frac{7}{10}$ par seconde.

Mais la vitesse respective du vent sur les voiles étant inconnuë, on pourra lorsque le Vaisseau fait vent arriere, trouver la vitesse absoluë du vent, par la Regle suivante, en connoissant la vitesse du Vaisseau, le plan reduit, & la surface des voiles.

Comme la racine de la surface des voiles, est à une somme composée de 24 fois la racine du plan reduit, plus la racine des voiles, ainsi la vitesse du Vaisseau, à la vitesse absoluë du vent.

Digitized by Google

E X E M P L E.

Soit la racine des voiles de $\frac{8681}{100}$, la racine du plan reduit de $\frac{877}{100}$, & la viteſſe du Vaiſſeau de 12 pieds $\frac{1}{4}$ par ſeconde.

Si l'on multiplie la racine du plan reduit $\frac{877}{100}$ par 24, on aura $\frac{21048}{100}$, qu'il faut ajoûter avec la racine des voiles $\frac{8681}{100}$, pour avoir la ſomme $\frac{29729}{100}$.

On dira donc ſuivant la Regle, comme la racine des voiles $\frac{8681}{100}$, eſt à la ſomme $\frac{29729}{100}$, ainſi la viteſſe du Vaiſſeau 12 pieds $\frac{1}{4}$, ſera à la viteſſe abſoluë du vent, qu'on trouvera, après avoir achevé la Regle, de 42 pieds & environ $\frac{1}{4}$.

Si le Vaiſſeau ne fait pas vent arriere, ou que l'angle d'incidence du vent ſur les voiles ſoit aigu, on trouvera la viteſſe abſoluë du vent par la Regle ſuivante; en connoiſſant la ſurface des voiles, celle du plan reduit, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, & la viteſſe du Vaiſſeau. Comme la racine des voiles, eſt à une ſomme compoſée de 24 fois la racine du plan reduit, multipliée par le ſinus total, & diviſée par le ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & au quotient qui en viendra, on ajoûtera la racine des voiles, pour avoir la ſomme. Ainſi la viteſſe du Vaiſſeau, ſera à la viteſſe abſoluë du vent.

E X E M P L E.

Nous ſuppoſons, dans cet Exemple, qu'il y a une plus grande quantité de voiles qui portent à cauſe de l'obliquité des voiles avec le vent, ainſi nous prendrons la racine des voiles de $\frac{13443}{100}$. La racine du plan reduit eſt de $\frac{877}{100}$, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 63 degrés, dont le ſinus eſt 89100, & la viteſſe du Vaiſſeau de 15 $\frac{7}{10}$ ou $\frac{157}{10}$: pour avoir le produit compoſé, on multipliera la racine du plan reduit $\frac{877}{100}$ par 24, & le produit $\frac{21048}{100}$ par le ſinus total 100000 pour

avoir 21048000, qu'il faut diviser par le sinus d'incidence 89100, le quotient est $\frac{23612}{100}$, auquel il faut ajoûter la racine des voiles $\frac{13442}{100}$, pour avoir enfin le produit composé de $\frac{16064}{100}$, on dira donc comme la racine des voiles $\frac{12441}{1000}$, est au produit composé qu'on vient de trouver $\frac{16064}{100}$, ainsi la vitesse du Vaisseau $\frac{857}{100}$, à la vitesse absoluë du vent, qu'on trouvera en achevant la Regle de 45 pieds $\frac{6}{10}$.

169. Si la vitesse absoluë du vent est connuë, pour trouver celle du Vaisseau, il est clair que les Regles qu'on doit suivre, dans les deux Cas, le premier lorsque le Vaisseau fait route de vent arriere, & le second lorsque le Vaisseau fait route de vent largue, ne sont autre chose que l'inverse des Regles précedentes ; ainsi pour trouver la vitesse du Vaisseau, dans le premier cas, on dira, comme la somme composée de 24 fois la racine du plan reduit, & de la racine des voiles, est à la racine de la surface des voiles ; ainsi la vitesse absoluë du vent, sera à la vitesse du Vaisseau.

E X E M P L E.

La somme composée ayant été trouvée comme ci-dessus de $\frac{23720}{100}$, la racine des voiles de $\frac{1681}{100}$, & la vitesse absoluë du vent étant de 42 pieds $\frac{1}{4}$: on dira si $\frac{2729}{100}$, donnent $\frac{1671}{100}$, combien 42 pieds $\frac{1}{4}$; la Regle étant finie, on trouvera la vitesse du Vaisseau de 12 pieds $\frac{3}{4}$ par seconde.

Enfin pour avoir la vitesse du Vaisseau dans le second Cas, on dira, comme la somme composée comme ci-dessus, est à la racine des voiles ; ainsi la vitesse absoluë du vent, sera à la vitesse du Vaisseau.

E X E M P L E.

Ayant trouvé le produit composé comme ci-dessus de $\frac{2664}{100}$, on dira, comme $\frac{16064}{100}$, est à la racine des voiles $\frac{12441}{100}$, ainsi la vitesse absoluë du vent que nous

Digitized by Google

ſuppoſons de 45 pieds $\frac{6}{10}$, ſera à la viteſſe du Vaiſſeau ; qu'on trouvera de 15 pieds & environ $\frac{2}{10}$.

Ces dernieres Regles pourront ſervir pour trouver les plus grandes viteſſes des Vaiſſeaux, & que nous avons exprimées par 1000 dans nos Tables.

REMARQUE.

Nous pourrions ajoûter encore quelques autres Regles, mais celles que nous venons de donner ſuffiſent aſſés pour les uſages de nos Tables.

Je prévois que les Marins trouveront des difficultés pour orienter les voiles, ſuivant les angles marqués dans les Tables ; mais je me perſuade que les Manœuvriers qui aiment leur Art, préfereront des juſtes déterminations à une Pratique aveugle, & trouveront des moyens de faire faire aux vergues & à la quille du Vaiſſeau, à peu près, les angles des Tables qui ſont les plus avantageux, pour faire une route donnée. Je dis à peu près, car ce ſera toujours beaucoup de déterminer ces angles à 4 ou 5 degrés près. Que ſi l'on trouve encore des difficultés, je donnerai dans la ſuite des Methodes pour les ſurmonter, après avoir fait pour cela des épreuves ſur des Vaiſſeaux. Ce qu'il y a de plus importânt, eſt de connoître exactement l'angle de la ligne du vent & de la quille du Vaiſſeau ; car cet angle ſert, comme l'on a vû, de baſe & de fondement à l'uſage des Tables, & à la réſolution de preſque toutes les queſtions de la Manœuvre. Comme les Methodes dont les Pilotes ſe ſervent pour connoître cet angle, ne ſont pas aſſés exactes ; M. Dons-en-bray Honoraire de l'Academie, toujours occupé aux progrès des Sciences & des Arts, a imaginé une Machine très ſimple, ſur laquelle cet angle ſera indiqué à tout moment ; auſſi bien que l'angle du meridien de la Bouſſole & de la ligne du vent, & l'angle du meridien de la Bouſſole & de la quille. On trouvera la deſcription

Digitized by Google

de cette machine dans les Mémoires de l'Academie de 1731. M Dons-en-bray a auſſi inventé pluſieurs Machines, pour connoître le nom & la viteſſe ou la force rélative du vent, autres que celle dont nous avons parlé article 110. dont il fera part au public.

Je dois encore avertir, que ſi l'on trouve que les formes des Vaiſſeaux ſur leſquelles j'ai conſtruit mes Tables, ne ſont pas aſſés approchantes de celles des differens Vaiſſeaux ordinaires; je prendrai dans la ſuite ſur les Vaiſſeaux mêmes, les differentes tranches horizontales de la Carene ſur leſquelles je conſtruirai des nouvelles Tables qu'on pourra joindre à celle-ci, trop heureux ſi je puis contribuer à perfectionner l'Art de la Navigation.

FIN.



Digitized by Google



TABLE
DES ARTICLES.

1. QU'IL *est indifferent de considerer les fluides, ou les surfaces en mouvement.* Page 1.

2. *Que les impulsions des fluides, sont comme les quarrez de leurs vitesses.* La même.

3. *Les impulsions sont encore comme les quarrez des sinus des angles d'incidence.* 2.

4. *Si les vitesses sont égales, & les angles d'incidence égaux; les Impressions sont dans la raison simple de la grandeur des surfaces.* La même.

5. *Mais si les vitesses & les surfaces sont inégales, les impulsions seront en raison composée de la simple des surfaces, & de la doublée des sinus d'incidence.* La même.

6. *Si les surfaces sont inégales & les angles d'incidence inégaux, les impulsions seront en raison composée de la simple des surfaces, & de la doublée des sinus d'incidence.* 3.

7. *Les vitesses étant inégales, & les angles d'incidence inégaux, les forces des impressions sont en raison composée de la doublée des vitesses & de la doublée des sinus d'incidence.* La même.

8. *Enfin si les sinus d'incidence, les vitesses & les surfaces sont inégales, les Impressions seront en raison*

compo-

composée de la doublée des sinus, de la doublée des vitesses & de la simple des surfaces. La même.

9. *La direction selon laquelle une surface est poussée par un fluide, est toujours perpendiculaire à la même surface.* La même.

10. *Qu'on peut exprimer en ligne les rapports, entre les forces des Impressions sur differentes surfaces.* La même.

11. *Détermination moyenne entre celle de plusieurs surfaces, choquées en même-tems par un fluide.* 4.

12. *Détermination moyenne d'une surface courbe.* La même.

SECTION. II.

13. *Principe general de toute la Theorie de la Manœuvre.* 5.

14. *La ligne de la route du Vaisseau ne sçauroit être parallele à la ligne moyenne de la force mouvante, que lorsque le Vaisseau fait vent arriere.* La même.

15. *Si le Vaisseau étoit parfaitement rond, ses lignes seroient toujours paralleles.* 6.

16. *Que la route du Vaisseau se feroit toujours dans la direction de la Quille si sa résistance à fendre l'eau par sa pointe étoit nulle, ou infiniment petite.* La même.

17. *Mais cette résistance n'étant ni nulle ni infini-*

Digitized by Google

ment petite, le Vaiſſeau doit prendre une route moyenne. La même.

18. *Ce qu'on entend par la dérive du Vaiſſeau.* La même.

19. *Quel eſt l'objet principal de la Theorie de la Manœuvre.* La même.

20. *Ce qu'on entend par vent arriere, vent de quartier, vent largue, & vent de bouline.* 7.

21. *Ce que c'eſt qu'eſtre également au vent, ſous le vent, & avoir le deſſus ou l'avantage du vent.* La même.

22. *Ce qu'on entend par tenir également le vent, gagner au vent, & perdre au vent.* La même.

23. *De l'angle le plus avantageux de la ligne du vent & de la quille pour gagner au vent, & des deſavantages de trop ſerrer le vent.* 8.

24. *Juſqu'à quel point on peut ſerrer le vent, ou du plus petit angle que la ligne de la route puiſſe faire avec la ligne du vent.* La même.

25. *Que le vent arriere ſeroit le plus avantageux pour fuir le vent, ſi toutes les voiles portoient.* La même.

26. *De l'angle le plus avantageux de la ligne du vent & de la voile.* 9.

SECTION III.

Des ſituations les plus avantageuſes d'un Vaiſſeau qui n'eſt point ſujet à la dérive.

27. *Principes & preparation pour déterminer l'angle*

Digitized by Google

le plus avantageux. 11.

28. *Calcul de la plus grande force laterale, parallele à la direction de la quille ou de l'angle le plus avantageux, de la voile & de la ligne du vent.* 12.

29. *Que le même calcul détermine tout à la fois les deux angles les plus avantageux, l'un pour gagner & l'autre pour perdre au vent.* 13.

30. *Calcul de la Table des situations les plus avantageuses de la voile, pour tous les angles de 3 en 3 degrés du rumb de vent, & de la route du Vaisseau.* La même.

31. *Que cette Table donne en même-tems l'angle le plus avantageux de la quille, & de la ligne du vent.* 14.

32. *Remarque sur le cas que la quille est perpendiculaire à ligne du vent.* La même.

33. *Que si on suppose que l'angle de la voile & de la quille est nul, on aura l'angle le plus avantageux de la quille & de la ligne du vent.* 15.

34. *Situations les plus avantageuses, tant de la quille que de la voile, pour gagner & pour perdre au vent.* La même.

SECTION IV.

Des situations de la voile par rapport aux differentes routes & dérives du Vaisseau, dont le Plan de leur coupes horizontales de la carene, est un poligone rectiligne.

35. *Ce qu'on entend par la carene, & dans quel*

sens on peut prendre les coupes horizontales d'un Vaisseau pour un poligone. 17.
36. *Principes des impulsions sur les surfaces planes.* 18.
37. & 38. *Rapport des impulsions sur des surfaces inégales & posées differemment.* 19.
39. *Des Impressions sur deux surfaces égales, faisant un angle invariable.* La même.
40. *Détermination de ces surfaces poussées obliquement.* La même.
41. *Application de ces principes à la determination de la route, & de la dérive des Vaisseaux en losanges, & en paralellogrames.* 20.
42. *Détermination de la dérive & de la situation de la voile des Vaisseaux, dont les coupes sont des poligones.* La même.
43. *Les mêmes déterminations pour le cas, que l'effort de l'eau ne se fait que sur un côté du Vaisseau.* 21.
44. *Calcul de la Table des forces laterales.* 22.
45. *Exemple pour déterminer par le moyen de la Table la situation de la voile, l'angle de la dérive étant donné.* 23.
46. *Necessité de dresser des Tables pour la Manœuvre.* 25.
47. *D'où vient qu'on a preferé de donner aux Vaisseaux des formes courbes plutôt que des rectilignes.* La même.
48. *Necessité de regarder les courbures irregulieres des bordages des Vaisseaux comme des poligones, ou comme des courbes geometriques, fort approchan-*
Digitized by Google

tes de celles des Vaiſſeaux. 26.

49. *Que tous les Vaiſſeaux ont deux courbures, l'une verticale & l'autre horizontale.* La même.

50. *Que la courbure horizontale peut être priſe pour un ſegment de cercle.* 27.

SECTION V.

Des réſiſtances & déterminations moyennes des Figures curvilignes, ou des coupes horizontales des ſurfaces courbes muës dans l'eau, ou dans tout autre fluide.

51. *Methode qu'on doit ſuivre pour trouver la force, & la détermination moyenne d'une courbe muë dans un fluide.* 29.

52. *Calcul de la force totale & des laterales paralelles & perpendiculaires à la direction du fluide.* 30.

53. *Qu'il faut connoître la nature de la courbe.* La même.

54. *Calcul en prenant la courbe pour un arc de cercle.* 31.

55. *Lorſque c'eſt un quart de cercle.* 32.

56. *Un demi cercle.* La même.

57. *Calcul de la Table des forces laterales ſur tous les arcs d'un quart de cercle de 30 en 30 minutes.* La même.

58. *Les tranches horizontales d'un Vaiſſeau, étant de ſegmens de cercle ſemblables, déterminer la poſition de la voile, dans le cas que la dérive eſt nul-*

Digitized by Google

le. 33.
59. *Calcul de ce premier Cas.* La même.
60. *Second cas où l'on détermine la direction & la quantité de la résistance moyenne de l'eau, & par conséquent la position de la voile, l'angle de la dérive étant moindre que la moitié du segment* MAH. 34.
61. *Calcul pour ce second cas.* 35.
62. *Troisiéme cas où l'on trouve les mêmes déterminations, lorsque l'angle de la dérive est égal à la moitié du segment* MAH, *ou que la résistance de l'eau commence à ne se faire sentir que sur la moitié du Vaisseau.* 36.
63. *Quatriéme cas où l'on trouve les mêmes déterminations, lorsque l'angle de la dérive est plus grand que la moitié du même arc* MAH. 37.
64. *Calcul pour ce quatriéme cas.* La même.
65. *Cinquiéme cas où l'on trouve les mêmes déterminations, lorsque l'angle de la dérive est plus grand que le complement de la moitié de l'arc du segment* MAH. 38.
66. *Sixiéme cas où l'on trouve les mêmes déterminations, l'angle de la dérive étant droit, ou que le Vaisseau présente le côté.* 39.
67. *Rapport entre les résistances que les Vaisseaux trouvent à fendre l'eau par leur pointe, à celle qu'ils trouvent à fendre l'eau par le côté.* La même.

Digitized by Google

SECTION VI.

Du rapport des differentes viteſſes d'un Vaiſſeau, ſuivant les differentes routes qu'il parcourt, & les ſituations de la voile & de la ligne du vent.

68. *Que les viteſſes ſont en raiſon ſous-doublée, réciproques des diagonales* BO, *ou des réſiſtances moyennes.* 41.
69. *Calcul des des viteſſes, en ſuppoſant la plus grande de* 1000. 42.
70. *La route, la dérive, & la ſituation de la voile reſtant la même, ſi la ligne ou le rumb de vent vient à changer les viteſſes du Vaiſſeau ſeront dans la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles.* 43.
71. *Que tout reſtant de même que dans l'article precedent, ſi la viteſſe du vent augmente ou diminuë, les viteſſes du Vaiſſeau ſeront dans la raiſon ſimple de celle du vent.* 44.
72. *Raiſon des viteſſes d'un même Vaiſſeau, dont on change la ſituation de la voile.* La même.
73. *Raiſon des viteſſes, lorſque l'angle de la quille & de la voile changent avec la viteſſe du vent.* La même.
74. *Raiſon des viteſſes, lorſque la ligne du vent & ſa viteſſe changent.* La même.
75. *Raiſon des viteſſes du Vaiſſeau, lorſque l'angle de la quille & de la voile, la ligne & la viteſſe du*

Digitized by Google

vent changent. 45.
76. *Du rapport des vitesses d'un Vaisseau, suivant les differentes quantités aes voiles.* 46.
77. *Rapport des vitesses, lorsque les surfaces des voiles, & les vitesses respectives du vent sont differentes.* 47.
78. *Du même rapport des vitesses, les surfaces des voiles, les vitesses du vent, & les angles d'incidence du vent sur les voiles etant differens.* La même.
79. *Du même rapport, lorsque les surfaces des voiles, les vitesses du vent, & les angles des voiles & de la ligne du vent, & des voiles avec la quille sont differens.* La même.
80. *Des changemens que peuvent causer les courbures des voiles, dans la détermination de la ligne de la route d'un Vaisseau.* La même.
81. *Regle pour réduire l'effet des courbures des voiles, à celui du simple changement des voiles planes.* 48.

SECTION VII.

Du Gouvernail.

82. *Le Gouvernail est aussi necessaire à un Navire que les voiles.* 50.
83. *En quoi consiste la force du Gouvernail.* La même.
84. *Mecanisme de cette force pour faire virer le Navire.* 51.
85. *Calcul analitique de la force, qui peut faire tourner le Navire sur lui-même étant arrêté.* La même.

86. *Com-*

Digitized by Google

86. *Comment la vitesse ou le sillage imprime sur le Gouvernail une force capable de faire virer le Vaisseau promptement.* 52.

87. *Détermination de l'angle le plus avantageux que le Gouvernail doit faire avec la ligne de la route, où le sillage du Vaisseau pour virer le plus promptement qu'il est possible.* 53.

88. *La même détermination en y comprenant la dérive.* 54.

SECTION VIII.

De la Rame.

89. *Des examens qu'on doit faire sur la rame.* 56.

90. *Déterminer la force qui fait avancer une Galere résultante de celle des rameurs.* La même.

91. *Rapport de ces deux forces.* 57.

92. *Application la plus avantageuse de la rame.* 58.

93. *Il faut déterminer le centre ou le point moyen des forces de plusieurs rameurs appliqués à une seule rame.* 59.

SECTION IX.

94. *Construction des Tables.* 60.

95. *Calculs des quantités de la dérive.* La même.

96. *Construction des Tables pour la pratique de la manœuvre.* 61.

97. *Des premieres connoissances necessaires à la pratique de la manœuvre.* 62.

98. *De la necessité des Tables pour la prati-*

Digitized by Google

que. La même.
99. *Qu'on ne peut serrer le vent que jusques à un certain point.* 63.
100. *De la plus grande dérive d'un Vaisseau.* La même.
101. *Deffaut considerable qui arrive souvent dans la pratique.* 64.
102. *Des erreurs causées par les courans & les marées.* 65.

PROBLEME I.

103. *La direction de la route étant avec celle du rumb ou de la ligne du vent, trouver l'angle des voiles avec la quille, & la dérive.* 65.
104. *Premier Exemple.* La même.
105. *Deuxiéme Exemple.* 66.
106. *Troisiéme Exemple.* La même.

PROBLEME. II.

107. *Déterminer les rapports des vitesses du Vaisseau, des trois Exemples précedens.* 67.

PROBLEME III.

108. *Déterminer les rapports entre les vitesses d'un Vaisseau dans les differentes routes, & les differens angles d'incidence du vent sur les voiles.* 68.
109. *Pratique pour trouver les vitesses rélatives du vent sur les voiles.* 69.

Digitized by Google

PROBLEME IV.

110. *Trouver les rapports entre les vitesses respectives du vent.*
111. *Demonstration.* 70.
112. *Exemple.* La même.

PLOBLEME V.

113. *Connoissant le rapport entre les vitesses d'un vent, déterminer ceux des vitesses d'un Vaisseau dans ses differentes routes, & ses differens angles d'incidence du vent sur les voiles.* 71.
114. *Que ce Probleme est le plus utile de toute la manœuvre.* La même.
115. *Exemple du cinquiéme Probleme.* 72.
116. *Autre Exemple.*
117. *Remarques sur les formes des Vaisseaux, & sur les causes qui les rendent bon ou mauvais voiliers.* 73.

PROBLEME VI.

118. *Comparaison des vitesses de deux Vaisseaux dans tous les cas, d'égalité ou d'inegalité, des angles des voiles & de la quille, de ceux d'incidence du vent sur les voiles, & des vitesses relatives du vent.* 74.
119. *Exemple sur le premier cas.* 75.
120. *Exemple sur le second cas.* 76.
121. *Exemple sur le troisiéme cas.* La même.
122. *Exemple sur le quatriéme cas.* 77.

Digitized by Google

123. *Exemple ſur le cinquiéme cas.* 78.
124. *Exemple ſur le ſixiéme cas.* La même.
125. *Remarque ſur les Problemes precedents.* 80.

PROBLEME VII.

126. *Comparaiſon des viteſſes ou ſillages d'un même Vaiſſeau mû par un même vent, entre l'état que l'angle des voiles & de la quille eſt le plus avantageux, & l'état auquel ce même angle eſt plus grand ou plus petit de pluſieurs degrés, que l'angle le plus avantageux.* La même.
127. *Exemple.* 81.
128. *Autre Exemple.* 82.

PROBLEME VIII.

129. *Comparaiſon des viteſſes de deux Vaiſſeaux pouſſés par un même vent.* 83.

PROBLEME IX.

130. *Trouver la quantité, dont un Vaiſſeau perd ou gagne au vent ſon ſillage étant connu.* 85.
131. *Exemple ſur la quantité dont un Vaiſſeau perd au vent.* 87.
132. *Exemple ſur la quantité dont il gagne au vent.* La même.

PROBLEME X.

133. *De deux Vaiſſeaux qui ſe diſputent l'avantage du vent, dont l'un profite des ſituations les plus avantageuſes des voiles, & l'autre ferme le*

Digitized by Google

vent le plus qu'il peut, déterminer l'avantage du premier sur le second. La même.

134. *Calcul par Logarithmes.* 89.

135. *Remarque sur le Probleme.* 90.

PROBLEME XI.

136. *Trouver le chemin qu'un Vaisseau peut faire en presentant le côté au vent.* La même.

137. *Exemple.* 91.

PROBLEME XII.

Déterminer les differens sillages, d'un ou de plusieurs Vaisseaux, rélativement aux differentes quantités des voiles.

138. *Des vitesses du Vaisseau rélatives aux quantités des voiles.* 92.

139. *Des vitesses du Vaisseau rélatives, aux quantités des voiles & aux vitesses du vent.* La même.

140. *De quelle quantité il faut diminuer les voiles, pour conserver au Vaisseau son même sillage, lorsque le vent vient à se renforcer.* 93.

141. *Qu'on n'a pas besoin de connoître la surface des voiles.* 94.

142. *Du rapport entre les sillages d'un Vaisseau, rélativement à differentes quantités des voiles, differentes forces du vent, & differens angles d'incidence du vent sur les voiles.* 95.

143. *Trouver le même rapport que dans l'article précedent, lorsque les angles des voiles & de la*

Digitized by Google

quille sont differens. La même.

PROBLEME XIII.

144. *Comparaison des sillages d'un Vaisseau, dans ces differentes voilures.* 97.
145. *Exemple.* 98.
146. *Trouver la force de l'impulsion de l'eau, sur une surface d'un pied quarré, par une vitesse d'un pied par seconde de tems.* 101.
147. *Trouver la force du vent sur une même surface, avec une même vitesse que ci-dessus.* 102.
148. *Principes sur lequel les calculs de notre premiere Table est fondée.* 103.
149. *Calcul de la force totale de l'eau & du vent, sur une surface oblique.* 104.
150. *Calcul de la force laterale parallele de l'eau & du vent, sur une surface oblique.* La même.
151. *Calcul de la laterale perpendiculaire sur la même surface oblique.* La même.
152. *De la résistance que les Vaisseaux trouvent à fendre l'eau par leur prouë.* 105.
153. *Qu'il faut trouver un Plan, lequel étant mû perpendiculairement dans l'eau, trouveroit une égale résistance que celle de la prouë d'un Vaisseau, nous appellons ce Plan, le Plan reduit.* 106.
154. *Le sillage d'un Vaisseau étant connu en lieuës par heure, methode pour le réduire en pieds & parties de pieds par seconde, ou au contrai-*

Digitized by Google

re &c. 107.

155. *Calcul de la force de la résistance de l'eau sur la prouë d'un Vaisseau, qui fait deux lieuës par heure.* 109.

156. *Methode de calculer la force du vent sur les voiles.* La même.

157. *Exemple de cette Methode.*

158. *La résistance de l'eau sur la prouë du Vaisseau, ou la force du vent sur les voiles étant connnuë, trouver la vitesse du Vaisseau.* 110.

159. *Des rapports entre les vitesses du Vaisseau, & celles du vent.* La même.

160. *Regle generale entre ces quatre quantités, la vitesse du Vaisseau, celle du vent sur les voiles, le Plan reduit, & la surface des voiles.* 111.

161. *Regle pour connoître la vitesse du Vaisseau.* La même.

162. *Exemple.* 112.

163. *Regle pour trouver la valeur du Plan reduit.* La même.

164 *Regles pour trouver la vitesse respective du vent, & la surface des voiles.* 113.

165. *Trouver la vitesse du Vaisseau, en supposant qu'il n'y a qu'une partie des voiles qui portent.* La même.

166. *Trouver la vitesse du Vaisseau, lorsque la direction du vent n'est pas perpendiculaire à la*

Digitized by Google

surface des voiles. La même.

167. *Regles pour trouver la vitesse absoluë du vent.* 115.

168. *La vitesse absoluë du vent étant connuë, trouver celle du Vaisseau.* 117.

FIN DE LA TABLE.



Digitized by Google

TABLE des Choc d'inclinaison de 30 en 30 *parties.*

Angle d'inclinaison		Force totale.	Angle [d'incli]naison	Force totale.	Force laterale parallele.	Force laterale perpendiculaire.
0.	30	0 $\frac{321}{1000}$		17194	15942	6441
1		6	30	17314	16109	6345
1.	30	14		17432	16274	6247
2		24	30	17547	16436	6145
2.	30	38		17660	16595	6040
3		55	30	17772	16753	5932
3.	30	75		17880	16906	5822
4		97	30	17987	17057	5707
4.	30	123		18091	17206	5463
5		154	30	18192	17350	5471
5.	30	184		18291	17492	5337
6		218	30	18387	17630	5222
6.	30	256		18480	17764	5094
7		297	30	18572	17896	4963
7.	30	341		18660	18024	4830
8		388	30	18446	18149	4694
8.	30	437		18829	18270	4555
9		489	30	18910	18387	4414
9.	30	545		18988	18501	4271
10		603	30	19063	18611	4126
10.	30	664		19135	18717	3979
11		728	30	19205	18821	3819
11.	30	795		19272	18918	3677
12		864	30	19334	19011	3524
12.	30	937		19397	19102	3368
13		1012	30	19455	19188	3211
13.	30	1090		19511	19270	3052
14		1170	30	19563	19348	2892
14	30	1254		19612	19421	2730
15		1340	30	19659	19491	2566
15.	30	1428		19703	79556	2401
16		1520	30	19744	19617	2235
16.	30	1613		19781	19673	2067
17		1714	30	19817	19726	1899
17.	30	1809		79848	19772	1730
18		1910	30	19877	19816	1560
18.	30	2014		19903	19854	1388
19		2120	5. 30	19925	19894	1216
19.	30	2264	7	19945	19917	1044
20		2339	7. 30	19963	19943	870
20.	30	2453		79981	19969	697
21		2569	3. 30	19986	19984	522
21.	30	2688	9	19994	19990	349
22		2807	9. 30	19997	19997	174
22.	30	2929	0	20000	20000	0

Digitized by Google

TABLE ; *les Arcs d'un quart de Cercle, de* 00000 *parties.*

Arc de Cercle.	
Degrés.	Minut.
0.	30
1	
1.	30
2	
2.	30
3	
3.	30
4	
4.	30
5	
5.	30
6	
6.	30
7	
7.	30
8	
8.	30
9	
9.	30
10	
10	30
11	
11	30
12	
12	30
13	
13	30
14	
14	30
15	
15	30
16	
16	30
17	
17	30
18	
18	30
19	
19	30
20	
20	30
21	
21	30
22	
22	30
23	

Arc de Cercle.		Force laterale parallele.		Force laterale perpendiculaire.	
Degrés.	Minut.	Entiers	Fractions	Entiers	Fractions
68	30	31655	12/13	26848	
69		32364		27122	2/3
69	30	32862		27393	
70		33798	2/3	27659	
70	30	34522	1/3	27920	
71		35258	2/3	28176	1/3
71	30	35998	1/3	28428	
72		36749		28674	2/3
72	30	37817	2/3	28916	
73		38263		29152	
73	30	39025		29380	2/3
74		39809	2/3	29607	1/3
74	30	40576		29827	
75		41362	2/3	30040	2/3
75	30	42148	1/3	30248	
76		42947		30450	1/3
76	30	43723		30646	1/3
77		44551		30835	1/3
77	30	45357	1/3	31018	2/3
78		46174	2/3	31195	2/3
78	30	46990	1/3	31365	2/3
79		47817	1/3	31529	1/3
79	30	48641	1/2	31686	2/3
80		49475	1/3	31837	
80	30	50236		31980	2/3
81		51151	1/3	32117	
81	30	51989	1/3	32247	
82		52839	2/3	32369	2/3
82	30	53685		32485	
83		54573		32601	
83	30	55390		32694	1/3
84		56252		32788	1/3
84	30	57107	1/3	32875	
85		57972		32954	1/3
85	30	58532		33026	
86		59702	1/3	33090	1/3
86	30	60565	1/3	33147	1/3
87		61439		33196	1/3
87	30	62303		33238	
88		63178	1/3	33272	1/3
88	30	64045	2/3	33299	
89		64921	1/3	33318	
89	30	65789	1/3	33329	2/3
90		66666	2/3	33333	1/3

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE des situations les plus avantageuses de la Voile d'un Vaisseau; pour gagner au Vent ou pour le fuïr, l'Angle du Rumb de Vent, & de la Quille, étant donné.

Angle du Rumb de Vent & de la Ligne de Route ou de la Quille.	Angle le plus avantageux de la Voile & de la ligne du Vent pour fuir ou gagner au Vent.		Angle le plus avantageux de la Voile, de la Quille ou de la Route, pour aller à la Bouline & tenir le Vent.		Angle du Rumb de Vent & de la Ligne, de la Route ou de la Quille.	Angle le plus avantageux de la Voile, & de la Ligne du Vent pour faire route en fuïant le Vent, ou de Vent largue.		Angle le plus avantageux de la Quille & de la Voile, pour fuir ou perdre au Vent.	
Degrès.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.
4	2	40	1	20	176	88	45	87	15
7	4	40	2	20	173	87	43	85	17
10	6	40	3	20	170	86	39	83	21
13	8	39	4	21	167	85	40	81	20
16	10	39	5	21	164	84	40	79	20
19	12	38	6	22	161	83	38	77	22
22	14	38	7	22	158	82	35	75	25
25	16	30	8	30	155	81	34	73	26
28	18	31	9	29	152	80	34	71	26
31	20	26	10	34	149	79	28	69	32
34	22	22	11	38	146	78	22	67	38
37	24	18	12	42	143	77	25	65	35
40	26	12	13	48	140	77	11	62	49
43	28	4	14	56	137	75	5	61	55
46	29	55	16	5	134	73	57	60	3
49	31	47	17	13	131	72	49	58	11
52	33	54	18	6	128	71	25	56	35
55	35	25	19	35	125	70	26	54	34
58	37	12	20	48	122	69	13	52	47
61	39		22		119	67	58	51	2
64	40	17	23	43	116	67	20	48	40
67	42	24	24	36	113	66	9	46	51
70	44	10	25	50	110	64	6	45	54
73	45	46	27	14	107	62	50	44	10
76	47	23	28	37	104	61	29	42	31
79	49	27	29	33	101	59	37	41	23
82	50	35	31	25	89	58	43	39	17
85	52	8	32	52	95	57	16	37	44
88	53	27	34	33	92	56	1	35	59
90	54	44	35	16	90	54	41	35	16

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive; Route & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Proue fait un Angle curviligne de 20 Degrès.

Angle de la Voile & de la Quille.		Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
41	15	0	30	41	45	817	8
23	23	1		24	23	625	17
16	37	1	30	18	7	502	26
13	10	2		15	10	461	35
10	56	2	30	13	26	412	43
9	30	3		12	30	376	52
8	29	3	30	11	59	346	61
7	45	4		11	45	326	69
7	8	4	30	11	38	302	78
6	49	5		11	49	285	87
6	27	5	30	11	57	270	95
6	15	6		12	15	256	105
6	2	6	30	12	32	244	113
5	49	7		12	49	233	122
5	38	7	30	13	8	223	131
5	29	8		13	29	214	139
5	22	8	33	13	52	205	148
5	13	9		14	13	197	157
5	6	9	30	14	36	190	165
4	57	10		14	57	183	174

Digitized by Google

Table V.

***TABLE** de la situation de la Voile; Derive; Route, & Vitesse des Vaisseaux dont la Proue fait un Angle curviligne de 25 Degrès.*

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Vitesses.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut	Degres.	Minut.		
90		0		90		1000	0
53	55	0	30	54	25	902	8
34		1		35	53	752	17
25	23	1	30	26	53	635	26
19	39	2		21	39	567	35
15	57	2	30	18	27	506	43
14		3		17	3	468	52
12	25	3	30	15	55	433	61
11		4		15	19	405	69
10	23	4	30	14	53	381	78
9	41	5		14	41	360	87
9	8	5	30	14	38	342	95
8	42	6		14	42	325	105
8	20	6	30	14	50	311	113
8	8	7		15	8	299	122
7	46	7	30	15	16	286	131
7	32	8		15	32	275	139
7	20	8	30	15	50	265	148
7	10	9		16	10	256	157
6	56	9	30	16	26	247	165
6	50	10		16	50	239	174
6	42	10	30	17	12	231	183
6	35	11		17	35	224	191
6	26	11	30	17	56	217	200
6	17	12		18	17	211	209
6	10	12	30	18	40	205	217

Digitized by Google

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux, dont la Proue fait un Angle curviligne de 30 Degrès.

Angle de la Voile, & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile, & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
63	26	0	30	63	56	947	8
40	58	1		41	58	860	17
34	3	1	30	35	33	741	36
27	8	2		29	8	665	25
23	25	2	30	25	55	603	43
19	27	3		22	27	556	52
17	10	3	30	20	40	517	61
14	29	4		18	29	485	69
14	19	4	30	18	49	459	78
13	7	5		18	7	434	87
12	14	5	30	17	44	413	95
11	34	6		17	34	394	105
11	3	6	30	17	33	378	113
10	32	7		17	32	362	122
10	11	7	30	17	41	349	131
9	52	8		17	52	337	139
9	33	8	30	18	3	325	148
9	17	9		18	17	314	157
9	2	9	30	18	32	304	165
8	52	10		18	52	295	174
8	40	10	30	19	10	286	183
8	29	11		19	29	278	191
8	20	11	30	19	50	270	200
8	12	12		20	12	263	209
8	3	12	30	20	33	256	217
7	54	13		20	54	249	226
7	45	13	30	21	15	248	235
7	40	14		21	46	237	243
7	30	14	30	22		231	255
7	22	15		22	22	225	261

Digitized by Google

TABLE de la situation de la Voile, de la Derive, Route & Vitesse des Vaisseaux dont la Proue fait un Angle curviligne de 35 Degrés.

Angle de la Voile, & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile, & de la Route.		Raport des Vitesses.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
69	56	0	30	70	26	968	8
53	51	1		54	15	894	17
42	36	1	30	44	6	817	26
35	21	2		37	21	751	35
29	26	2	30	31	56	688	43
25	28	3		28	28	639	52
22	32	3	30	26	2	598	61
20	15	4		24	15	562	69
18	23	4	30	22	53	530	78
17	7	5		22	7	505	87
15	55	5	30	21	25	482	95
14	59	6		20	59	461	105
14	11	6	30	21	41	443	113
13	30	7		20	30	426	122
12	58	7	30	20	18	411	131
12	8	8		20	8	391	139
11	50	8	30	19	50	377	148
11	41	9		20	41	372	157
11	22	9	30	20	52	360	165
11		10		21	5	350	174
10	49	10	30	21	19	340	183
10	35	11		21	35	332	191
10	22	11	30	21	52	323	200
10	10	12		22	10	314	209
9	55	12	30	22	25	306	217
9	50	13		22	50	299	226
9	40	13	30	23	10	292	235
9	30	14		23	30	285	243
9	18	14	30	23	48	279	255
9	13	15		24	13	273	261
9	4	15	30	24	37	266	269
8	56	16		24	59	261	278
8	49	16	30	25	19	256	287
8	41	17		25	41	250	295
8	33	17	30	26	3	245	304

Digitized by Google

TABLE de la situation de la Voile, Derive, Route, & Vitesse des Vaisseaux dont la Proüe fait un Angle curviligne de 40 Degrès.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Vitesses.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
74	16	0	30	74	46	963	8
61	58	1		62	58	937	17
50	33	1	20	52	3	874	26
42	11	2		44	11	811	35
36	22	2	30	38	52	760	43
31	49	3		34	49	612	52
28	18	3	30	31	48	670	61
25	29	4		29	29	633	69
23	14	4	30	27	44	602	78
21	28	5		26	28	574	87
19	58	5	30	25	28	549	95
18	44	6		24	44	527	105
17	43	6	30	24	13	506	113
16	50	7		23	50	488	122
16	4	7	30	23	34	471	131
15	25	8		23	25	456	139
14	50	8	30	23	20	442	148
14	21	9		23	21	428	157
13	55	9	30	23	25	416	165
13	27	10		23	27	404	174
13	11	10	30	23	41	394	183
12	51	11		23	52	384	191
12	35	11	30	24	5	374	200
12	18	12		24	18	365	209
12	5	12	30	24	35	356	217
11	56	13		24	56	348	226
11	53	13	30	25	23	341	235
11	29	14		25	29	334	243
11	17	14	30	25	47	326	255
11	9	15		26	9	319	261
10	53	15	30	26	28	313	269
10	55	16		26	55	307	278
10	39	16	30	27	9	302	287
10	31	17		27	31	295	295
10	22	17	30	27	52	289	304
10	15	18		28	15	285	313
10	6	18	30	28	36	279	321
9	53	19		28	53	274	330
9	32	19	30	29	2	267	339
9	41	20		29	41	264	347

Digitized by Google

***TABLE** de la situation de la Voile, Derive, Route & Vitesse des Vaisseaux dont la Prouë fait un Angle curviligne de 45 Degrès.*

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Vitesses.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
78	5	0	30	78	35	988	8
66	33	1		67	33	956	17
57		1	30	58	30	912	26
49	16	2		51	16	864	35
43	6	2	30	45	36	817	43
37	59	3		40	59	772	52
34	11	3	30	37	41	726	61
31	2	4		35	2	699	69
28	23	4	30	32	53	666	78
25	27	5		30	27	630	87
23	46	5	30	29	16	606	95
22	19	6		28	19	583	105
21	7	6	30	27	37	563	113
20	4	7		27	4	544	122
19	4	7	30	26	34	525	131
18	23	8		26	23	510	139
17	41	8	30	26	11	495	148
17	4	9		26	4	481	157
16	30	9	30	26		466	165
15	59	10		25	59	447	174
15	54	10	30	26	24	435	183
15	30	11		26	30	425	191
15	10	11	30	26	40	415	200
14	45	12		26	45	405	209
14	34	12	30	27	4	397	217
14	25	13		27	25	390	226
14	4	13	30	27	34	381	235
13	51	14		27	51	373	243
13	38	14	30	28	8	365	255
13	27	15		28	27	359	261
13		16		29		345	278
12	45	17		29	45	333	295
12	27	18		30	27	322	313
12	9	19		31	9	311	330
11	52	20		32	52	301	347
11	35	21		32	35	292	364
11	18	22		33	18	183	382
10	50	23		33	50	280	399
10	23	24		34	23	271	416
9	59	25		36	59	260	433

Digitized by Google

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux, dont la Proue fait un Angle curviligne de 50 Degrès.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Voile & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
80	4	0	30	80	34	992	8
70	46	1		71	46	970	17
62	26	1	30	63	56	939	26
57	18	2		57	18	901	35
49	15	2	30	51	45	863	43
42	50	3		45	50	816	52
40	4	3	30	43	34	789	61
36	33	4		40	33	756	69
33	38	4	30	38	8	725	78
31	6	5		36	6	694	87
29	1	5	30	34	31	669	95
27	17	6		33	17	646	105
25	46	6	30	32	16	610	113
24	23	7		31	23	604	122
23	14	7	30	30	44	586	131
21	54	8		29	54	569	139
21	22	8	30	29	52	552	148
20	30	9		29	30	538	157
19	47	9	30	29	17	523	165
19	10	10		29	10	510	174
18	36	10	30	29	6	497	183
18	2	11		29	2	487	191
17	37	11	30	29	7	475	200
17	11	12		29	11	464	209
16	48	12	30	29	18	454	217
16	47	13		29	47	447	226
16	8	13	30	29	38	436	235
15	45	14		29	45	426	243
15	32	14	30	30	2	419	255
15	18	15		30	18	411	261
14	49	16		30	49	397	278
14	24	17		31	34	383	295
14	2	18		32	2	370	313
13	41	19		32	41	359	330
13	21	20		33	21	347	247
13	3	21		34	3	337	364
12	49	22		34	49	327	382
12	28	23		35	28	318	399
12	10	24		36	10	310	416
11	52	25		36	52	301	433
11	36	26		37	36	293	450
11	18	27		38	18	286	467
11	12	28		39	12	279	484
10	43	29		39	43	272	501
10	25	30		40	25	265	518

Digitized by Google

TABLE de la situation de la Voile, Derive, Route & Vitesse des Vaisseaux dont la Prouë fait un Angle curviligne de 55 Degrès.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Vitesses.	Quantité de la Derive.
Degres.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
81	52	0	30	82	22	995	8
74	5	1		75	5	979	17
66	52	1	30	68	22	957	26
60	24	2		62	24	928	35
54	43	2	30	57	13	898	43
49	51	3		52	51	868	52
45	37	3	30	49	7	835	61
41	59	4		45	59	804	69
38	51	4	30	43	21	775	78
35	11	5		41	11	749	87
33	35	5	30	39	5	725	95
31	54	6		37	54	699	105
30	5	6	30	36	35	678	113
28	31	7		35	31	658	122
27	10	7	30	34	40	639	131
25	56	8		33	56	620	139
25	3	8	30	33	33	606	148
23	58	9		32	58	588	157
23	6	9	30	32	36	574	165
22	20	10		32	20	560	174
21	39	10	30	32	9	548	183
21		11		32		535	191
20	21	11	30	31	51	523	200
19	55	12		31	55	512	209
19	27	12	30	31	57	502	217
19		13		32		492	226
18	37	13	30	32	7	483	235
18	15	14		32	15	474	243
17	54	14	30	32	24	465	255
17	37	15		32	37	457	261
17		16		33		441	278
16	30	17		33	30	426	295
16	14	18		34	14	416	313
15	38	19		34	38	401	330
15	16	20		35	16	389	347
14	47	21		35	47	378	364
14	35	22		36	35	368	382
13	51	23		36	51	359	399
13	57	24		37	57	349	416
13	39	25		38	39	340	433
13	21	26		39	21	331	450
13	4	27		40	4	323	467
12	46	28		40	46	316	484
12	28	29		41	28	309	501
13	6	30		43	6	300	518

Digitized by Google

***TABLE** de la ſituation de la Voile, de la Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Prouë fait un Angle curviligne de 60 Degrès.*

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Voile & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
83	15	0	30	83	45	997	8
76	38	1		77	28	986	17
70	26	1	30	71	56	969	26
64	40	2		66	40	948	35
59	31	2	30	62	1	923	43
54	38	3		57	38	900	52
[illegible]	[illegible]	3	30	54	17	970	61
[illegible]	[illegible]	4		51	7	844	69
44	4	4	30	48	34	817	78
41	7	5		46	7	794	87
38	38	5	30	44	8	770	95
36	39	6		42	39	749	105
34	31	6	30	41	1	727	113
32	48	7		39	48	707	122
31	16	7	30	38	46	688	131
29	50	8		37	56	670	139
28	41	8	30	37	11	654	148
27	28	9		36	28	636	157
26	35	9	30	36	5	623	165
25	42	10		35	42	609	174
24	51	10	30	35	21	695	183
24	9	11		35	9	583	191
23	28	11	30	34	58	571	200
22	51	12		34	51	559	209
22	19	12	30	34	49	548	217
21	45	13		34	45	538	226
21	12	13	30	34	42	528	235
20	46	14		34	46	518	243
20	24	14	30	34	54	510	255
20	2	15		35	2	501	261
19	20	16		35	20	485	278
18	47	17		35	47	469	295
18	11	18		36	11	455	313
17	42	19		36	42	442	330
17	15	20		37	15	429	247
16	51	21		37	51	417	364
16	29	22		38	29	407	382
16	19	23		39	19	396	399
15	46	24		39	46	387	416
15	27	25		40	27	378	433
15	8	26		41	8	369	450
14	49	27		41	49	361	467
14	28	28		42	28	353	484
14	13	29		43	13	345	501
13	54	30		43	54	338	518

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Prouë curviligne de 20 Degr.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route & de la Quille.		Angle du vent ou de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D	M.	D	M.	D.	M.	D.		M.	D.	M.	D.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		88	15	88	45	0		176	995	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	987	54	44	54	44
		170		73	21	86	39	0		170	980	54	44	54	44
	1	167		81	20	85	40	0		167	972	54	44	54	44
		164		79	20	84	40	0		164	965	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	958	54	44	54	44
	2	158		75	25	82	35	0		158	951	54	44	54	44
Vent largue.		155		73	26	81	34	0		155	944	54	44	54	44
		152		71	26	80	34	0		152	937	54	44	54	44
		149		69	32	79	28	0		149	930	54	44	54	44
	3	146		57	38	78	22	0		146	923	54	44	54	44
		143		65	35	77	25	0		143	916	54	44	54	44
		140		62	40	77	11	0		140	909	54	44	54	44
		137		61	55	75	5	0		137	902	54	44	54	44
	4	134		60	3	73	57	0		134	895	54	44	54	44
		131		58	11	72	49	0		131	887	54	44	54	44
		128		56	35	71	25	0		128	880	54	44	54	44
		125		54	34	70	26	0		125	873	45	44	54	44
	5	122		52	47	69	13	0		122	866	45	44	54	44
		119		51	2	67	58	0		119	859	54	44	54	44
		116		48	40	67	20	0		116	852	54	44	54	44
	6	113		46	51	66	9	0		113	845	54	44	54	44
		110		45	54	64	6	0		110	838	54	44	54	44
		107		44	10	62	50	0		117	831	54	44	54	44
	7	104		42	31	61	29	0		114	824	54	44	54	44
		101	30	41	23	59	37	0	30	101	817	55	14	54	44
		99		39	17	58	43	1		98	808	55	44	53	44
		96		37	44	57	16	1		95	800	55	44	53	44
		93		35	59	56	1	1		92	790	55	44	53	44
	8	91		35	16	45	44	1		90	780	55	44	53	44
		89		34	33	53	27	1		88	760	55	44	53	44
		86		32	52	52	8	1		85	754	55	44	53	44
		83		31	25	50	35	1		82	740	55	44	53	44
		80		29	33	49	27	1		79	724	55	44	53	44
	9	77		28	37	47	23	1		76	710	55	24	53	44
		74		27	14	45	46	1		73	696	55	24	53	44
		71		25	50	44	10	1		70	682	55	44	53	44
	10	68		24	36	22	24	1		67	668	55	44	53	44
Vent de Bouline.		65		23	43	40	17	1		64	654	55	44	53	44
		62	30	22		39		1	30	61	640	56	14	53	14
		59	30	20	48	37	12	1	30	58	625	56	14	53	14
	11	56	30	19	35	35	25	1	30	55	598	56	14	53	14
		53	30	18	6	33	54	1	30	52	570	56	14	53	14
		50	30	17	13	31	47	1	30	49	542	56	14	53	14
	12	47	30	16	5	29	55	1	30	46	515	56	14	53	14
		44	30	14	56	28	4	1	30	43	488	56	14	53	14
		42		13	48	26	12	2		40	461	56	44	52	44
		39		12	42	24	18	2		37	446	56	44	52	44
		36		11	38	22	22	2		34	428	56	44	52	44
	13	33	30	10	34	20	26	2	30	31	412	57	14	52	14
		31		9	29	18	31	3		28	476	57	44	51	44
		28	30	8	30	16	30	3	30	25	346	58	14	51	14
		26	30	7	22	14	38	4	30	22	302	59	14	50	14
		24	30	6	22	12	38	5	30	19	270	60	14	64	14

Digitized by Google

TABLE *pour la Manœuvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Proüe curviligne de 25 Degrés.*

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route, & de la Quille.		Angle du Rumb de vent & de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.		D.	M.	D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	45	44
		176		87	14	88	45	0		176	995	54	44	45	44
		173		85	17	87	43	0		173	990	54	44	45	44
	1	170		83	21	86	39	0		170	985	54	44	45	44
		167		81	20	85	40	0		167	980	54	44	45	44
		164		79	20	84	40	0		164	975	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	970	54	44	54	44
		158		75	25	82	35	0		158	965	54	44	54	44
Vent largue.	2	155		73	26	81	34	0		155	959	54	44	54	44
		152		71	26	80	34	0		152	954	54	44	54	44
		149		69	32	79	28	0		149	949	54	44	54	44
	3	146		67	38	78	22	0		146	944	54	44	54	44
		143		65	35	77	25	0		143	938	54	44	54	44
		140		62	40	77	11	0		140	932	54	44	54	44
		137		61	55	75	5	0		137	926	54	44	54	44
	4	134		60	3	73	57	0		134	920	54	44	54	44
		131		58	11	72	49	0		131	914	54	44	54	44
		128		56	35	71	25	0		128	908	54	44	54	44
		125	30	54	34	70	26	0	30	125	902	55	14	54	14
	5	122	30	52	47	69	13	0	30	122	808	55	14	54	14
		119	30	51	2	67	58	0	30	119	[illegible]	55	14	54	14
		116	30	48	40	67	20	0	30	116	876	55	14	54	14
	6	113	30	46	51	66	9	0	30	113	855	55	14	54	14
		110	30	45	54	64	6	0	30	110	843	55	14	54	14
		107	30	44	10	62	50	0	30	107	832	55	14	54	14
		104	30	42	31	61	29	0	30	104	820	55	14	54	14
	7	101	30	41	23	59	37	0	30	101	809	55	14	54	14
		98	30	39	17	58	43	0	30	98	797	55	14	54	14
		95	30	37	44	57	16	0	30	95	786	55	14	54	14
		92	30	35	50	56	1	0	30	92	774	55	14	54	14
	8	90	30	35	10	54	44	0	30	90	763	55	14	54	14
		88	30	34	33	53	27	0	30	88	752	55	14	54	14
		86		32	52	52	8	1		85	721	55	44	53	44
		83		31	25	50	35	1		82	692	55	44	53	44
	9	80		29	33	49	27	1		79	673	55	44	53	44
		77		28	37	47	23	1		76	654	55	44	53	44
		74		27	14	45	46	1		73	635	55	44	53	44
		71	30	25	50	44	10	1	30	70	618	56	14	53	14
		68	30	24	36	42	24	1	30	67	601	56	14	53	14
Vent de Bouline.	10	65	30	23	43	40	17	1	30	64	584	56	14	53	14
		62	30	22		39		1	30	61	567	56	14	53	14
		59	30	20	48	37	12	2		58	546	56	44	52	44
	11	57		19	35	35	25	2		55	526	56	44	52	44
		54	30	18	6	33	54	2		52	506	56	44	52	44
		51	30	17	13	31	47	2	30	49	494	57	14	52	14
		48	30	16	5	29	55	2	30	46	481	57	14	52	14
	12	45	30	14	56	28	4	2	30	43	463	57	14	52	14
		43		13	48	26	12	3		40	433	57	44	51	44
		40	30	12	42	24	18	3	30	37	406	58	14	51	14
		38		11	38	22	22	4		34	381	58	44	50	44
		35	30	10	34	20	26	4	30	31	360	59	14	50	14
	13	33		9	29	18	31	5		28	311	59	44	49	44
		31	30	8	30	16	30	6	30	25	256	60	14	48	14

Digitized by Google

TABLE de la Manœvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Prouë curviligne de 30 Degrès.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb le Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route & de la Quille.		Angle du Rumb de Vent & de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer ventarriere.	
		D.	M.	D	M	D.	M.	D.	M.	D.		D.	M.	D.	M.
		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
Vent arriere.		176		87	15	88	45	0		176	996	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	992	54	44	54	44
		170		83	21	86	39	0		170	988	54	44	54	44
	1	167		81	20	85	40	0		167	984	54	44	54	44
		164		79	20	84	40	0		164	980	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	976	54	44	54	44
		158		75	25	82	35	0		158	972	54	44	54	44
	2	155		73	26	81	34	0		155	968	54	44	54	44
		152		71	26	80	34	0		152	964	54	44	54	44
		149		69	32	79	28	0		149	960	44	44	54	44
	3	146		67	38	78	22	0		146	956	44	44	54	44
		143		65	35	77	25	0		143	952	44	44	54	44
		140	30	62	40	77	11	0	30	140	947	55	14	54	14
		137	30	61	55	75	5	0	30	137	938	55	14	54	14
	4	134	30	60	3	73	57	0	30	134	932	55	14	54	14
		131	30	58	11	72	49	0	30	131	926	55	14	54	14
		128	30	56	35	71	25	0	30	128	920	55	14	54	14
		125	30	54	34	70	26	0	30	125	914	55	14	54	14
	5	122	30	52	47	69	13	0	30	122	908	55	14	54	14
		120		51	2	67	58	1		119	902	55	44	53	44
Vent largue.		117		48	40	67	20	1		116	895	55	44	53	44
		114		46	51	66	9	1		113	888	55	44	53	44
	6	111		45	54	64	6	1		110	881	55	44	53	44
		108		44	10	62	50	1		107	874	55	44	53	44
		105		42	31	61	29	1		104	867	55	44	53	44
		102		41	23	59	27	1		101	860	55	44	53	44
	7	99	30	39	17	58	43	1	30	98	837	56	14	53	14
		96	30	37	44	57	16	1	30	95	810	56	14	53	14
		93	30	35	59	56	1	1	30	92	785	56	14	53	14
	8	91	30	35	16	54	44	1	30	90	766	56	14	53	14
		89	30	34	33	53	27	1	30	88	741	56	4	53	14
		87		32	52	52	8	2		85	726	56	44	52	44
		84		31	25	50	35	2		82	711	56	44	52	44
		81		29	33	49	27	2		79	696	56	44	52	41
	.	78		28	37	47	23	2		76	680	56	44	52	44
		75		27	14	45	46	2		73	665	56	44	52	44
		72	30	25	50	44	10	2	30	70	646	57	14	52	14
		69	30	24	36	42	24	2	30	67	625	57	14	52	14
	10	66	30	23	43	40	17	2	30	64	603	57	14	52	14
Vent de Bouline.		64		22		39		3		61	588	57	44	51	44
		61		20	48	37	12	3		58	572	57	44	51	44
		58		19	35	35	25	3		55	556	57	44	51	44
	11	55	30	18	6	33	54	3	30	52	535	58	14	51	14
		52	30	17	13	31	47	3	30	49	517	58	14	51	14
		50		16	5	29	55	4		46	501	58	44	50	44
	12	47		14	56	28	4	4		43	485	58	44	50	44
		44	30	13	48	26	12	4	30	40	459	59	14	50	14
		42		12	42	24	18	5		37	434	59	44	49	44
		40		11	38	22	22	6		34	394	60	44	48	44
		38		10	34	20	26	7		31	362	61	44	47	44
		36	30	9	19	18	31	8	30	28	325	63	14	46	14

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Prouë curviligne de 35 Degrès.

Voilures.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route. D.	M.	Angle le plus avantageux de la Voile, & de la Quille. D.	M.	Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent. D.	M.	Derive ou Angle de la Route & de la Quille. D.	M.	Angle du Rumb de Vent & de la Quille. D.	Raport des Vitesses.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant. D.	M.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere. D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		87	15	88	45	0		176	998	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	996	54	44	54	44
		170		83	21	86	39	0		170	993	54	44	54	44
	1	167		81	20	85	40	0		167	990	54	44	54	44
		164		79	20	84	40	0		164	986	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	983	54	44	54	44
	2	158		75	25	82	35	0		158	980	54	44	54	44
Vent largue.		155		73	26	81	34	0		155	976	54	44	54	44
		152		71	26	80	34	0		152	972	54	44	54	44
		149	30	69	32	79	28	0	30	149	968	55	14	54	14
	3	246	30	67	38	78	22	0	30	146	960	55	14	54	14
		143	30	65	35	77	25	0	30	143	952	55	14	54	14
		141		62	40	77	11	1		140	944	55	44	53	44
		138		61	55	75	5	1		137	936	55	44	53	44
	4	135		60	3	73	57	1		134	928	55	44	53	44
		132		58	11	72	49	1		131	920	55	44	53	44
		129		56	35	71	25	1		128	911	55	44	53	44
		126		54	34	70	26	1		125	902	55	44	53	44
	5	123		52	47	69	13	1		122	894	55	44	53	44
		120		51	2	67	58	1		119	883	55	44	53	44
		117		48	40	67	20	1		116	870	55	44	53	44
		114	30	46	51	66	9	1	30	113	856	56	14	53	14
	6	111	30	45	54	64	6	1	30	110	843	56	14	53	14
		108	30	44	10	62	50	1	30	107	830	56	14	53	14
		105	30	42	31	61	29	1	30	104	817	56	14	33	14
	7	102	30	41	23	59	37	1	30	101	804	56	14	53	14
		100		39	17	58	43	2		98	791	56	44	52	44
		97		37	44	57	16	2		95	778	56	44	52	44
		94		35	59	56	1	2		92	764	56	44	52	44
		92		35	16	54	44	2		90	751	56	44	52	44
	8	90		34	33	53	27	2		88	736	56	44	52	44
		87	30	32	52	52	8	2	30	85	720	57	14	52	14
		84	30	31	25	50	35	2	30	82	704	57	14	52	14
		81	30	29	33	49	27	2	30	79	688	57	14	52	14
	9	78	30	28	37	47	23	2	30	76	677	57	14	52	14
		76		27	14	45	46	3		73	665	57	44	51	44
		73		25	50	44	10	3		70	652	57	44	51	44
		70		24	36	42	24	3		67	639	57	44	51	44
	10	67	30	23	42	40	17	3	30	64	618	78	14	51	14
Vent de bouline.		64	30	22		39		3	30	61	598	58	14	51	14
		62		20	48	37	12	4		58	562	58	44	50	44
		59	30	19	35	35	25	4	30	55	548	59	14	50	14
	1	56	30	18	6	33	54	4	30	52	530	59	14	50	14
		54		17	13	31	47	5		49	505	59	44	49	44
		51	30	16	5	29	55	5	30	46	482	60	14	49	14
		49		14	56	28	4	6		43	461	60	44	48	44
	12	47		13	48	26	12	7		40	426	61	44	47	44
		44		12	42	24	18	7	30	37	411	62	14	47	14
		43		11	38	22	22	9		34	372	63	44	45	44
		42	30	10	34	20	26	11		31	332	65	44	43	44

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Prouë curviligne de 40 Degrés.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route & de la Quille.		Angle du vent ou de la Quille.	Raport des Vitesses.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D	M.	D	M.	D.	M.	D.		M.	D.	M.	D.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		88	15	88	45	0		176	996	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	990	54	44	54	44
		170		73	21	86	39	0		170	985	54	44	54	44
	1	167		81	20	85	40	0		167	980	54	44	54	44
		164		79	20	84	40	0		164	974	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	968	54	44	54	44
	2	158	30	75	25	82	35	0	30	158	963	55	14	54	14
Vent largue.		155	30	73	26	81	34	0	30	155	961	55	14	54	14
		152	30	71	26	80	34	0	30	152	958	55	14	54	14
		149	30	69	32	79	28	0	30	149	954	55	14	54	14
	3	147		67	38	78	22	1		146	950	55	44	53	44
		144		65	35	77	25	1		143	945	55	44	53	44
		141		62	40	77	11	1		140	941	55	44	53	44
		138		61	55	75	5	1		137	937	55	44	53	44
	4	135		60	3	73	57	1		134	926	55	44	53	44
		132		58	11	72	49	1		131	916	55	44	53	44
		129	30	56	35	71	25	1	30	128	906	56	14	53	14
		126	30	54	34	70	26	1	30	125	896	56	14	53	14
	5	123	30	52	47	69	13	1	30	122	885	56	14	53	14
		120	30	51	2	67	58	1	30	119	874	56	14	53	14
		117	30	48	40	67	20	1	30	116	862	56	14	53	14
	6	115		46	51	66	9	2		113	850	56	44	52	44
		112		45	54	64	6	2		110	837	56	44	52	44.
		109		44	10	62	50	2		107	825	56	44	52	44
		106		42	31	61	29	2		104	812	56	44	52	44
	7	103		41	23	59	37	2		101	790	57	44	52	44
		100	30	39	17	58	43	2	30	98	784	57	14	52	14
		97	30	37	44	57	16	2	30	95	772	57	14	52	14
		94	30	35	59	56	1	2	30	92	760	57	14	52	14
		92	30	35	16	54	44	2	30	90	754	57	44	52	14
	8	91		34	33	53	27	3		88	738	57	44	51	44
		88		32	52	52	8	3		85	712	57	44	51	44
		85		31	25	50	35	3		82	697	57	44	51	44
		82		29	33	49	27	3		79	683	57	24	51	44
	9	79	30	28	37	47	23	3	30	76	670	58	14	51	14
		76		27	14	45	16	3	30	73	657	58	14	51	14
		74		25	50	44	10	4		70	633	58	44	50	44
		71	30	24	36	42	24	4		67	617	58	44	50	44
	10	68	30	23	43	40	17	4	30	64	602	59	14	50	14
Vent de Bouline.		65		22		39		5		61	588	59	44	49	44
		62	30	20	48	37	12	5	30	58	574	60	14	49	14
		60	30	19	35	35	25	5	30	55	549	60	14	49	14
		58	30	18	6	33	54	6	30	52	506	61	14	48	14
	11	56		17	13	31	47	7		49	488	61	44	47	44
		53	30	16	5	29	55	7	30	46	471	62	14	47	44
		51	30	14	56	28	4	8	30	43	442	63	14	46	14
		49	30	13	48	26	12	9	30	40	416	64	14	45	14
		48	30	12	42	24	18	11	30	37	374	66	14	43	14

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Prouë curviligne de 45 Degrès.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route, & de la Quille.		Angle du Rumb de vent & de la Quille.	Raport des Vitesses.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M	D.	M.	D.	M.	D	M.	D		D.	M	D	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	45	44
		176		87	14	88	45	0		176	999	54	44	45	44
		173		85	17	87	43	0		173	996	54	44	45	44
		170		83	21	86	39	0		170	993	54	44	45	44
		167		81	20	85	40	0		167	990	54	44	45	44
		164	30	79	20	84	40	0	30	164	988	55	14	54	14
		161	30	77	22	83	38	0	30	161	983	55	14	54	14
		158	30	75	25	82	35	0	30	158	978	55	14	54	14
Vent largue.	2	156		73	26	81	34	1		155	973	55	44	53	44
		153		71	26	80	34	1		152	968	55	44	53	44
		150		69	32	79	28	1		149	962	55	44	53	44
	3	147		67	38	78	22	1		146	956	55	44	53	44
		144		65	35	77	25	1		143	954	55	44	53	44
		141	30	62	40	77	11	1	30	140	937	56	14	53	14
		138	30	61	55	75	5	1	30	137	929	56	14	53	14
	4	135	30	60	3	73	57	1	30	134	921	[illegible]	14	53	44
		132	30	58	11	72	49	1	30	131	912	56	14	53	44
		130		56	35	71	25	2		128	900	56	44	52	14
		127		54	34	70	26	2		125	888	56	44	52	14
		124		52	47	69	13	2		122	876	56	44	52	14
	5	121		51	2	67	58	2		119	864	56	44	52	44
		118		48	40	67	20	2		116	852	56	44	52	44
		115	30	46	51	66	9	2	30	113	842	57	14	52	14
	6	112	30	45	54	64	6	2	30	110	829	57	14	52	14
		109	30	44	10	62	50	2	30	117	817	57	14	52	14
		106	30	42	31	61	29	2	30	114	806	57	14	52	14
		104		41	23	59	37	3		101	794	57	44	51	44
	7	101		39	17	58	43	3		98	783	57	44	51	44
		98		37	44	57	16	3		95	772	57	44	51	44
		95		35	59	56	1	3		92	756	57	44	51	44
		93	30	34	16	54	44	3	30	90	740	58	14	51	14
	8	91	30	34	33	53	27	3	30	88	726	58	14	51	14
		89		32	52	52	8	4		85	712	58	44	50	44
		86		31	25	50	35	4		82	699	58	44	50	44
		83		29	33	49	27	4		79	682	58	44	50	44
		80	30	28	37	47	23	4	30	76	666	59	14	50	44
	9	77	30	27	14	45	46	4	30	73	648	59	14	50	44
		75		25	50	44	10	5		70	630	59	44	46	54
		72		24	36	42	24	5		67	618	59	44	49	44
		69	30	23	43	40	17	5	30	64	606	60	14	49	14
Vent de Bouline.	10	67	30	22		39		6	30	61	563	61	14	48	14
		65		20	48	37	12	7		58	544	61	44	47	44
		62	30	19	35	35	25	7	30	55	525	62	14	47	14
		60		18	6	33	54	8		52	510	62	44	46	44
		58		17	13	31	47	9		49	481	63	44	45	44
	11	56		16	5	29	55	10		46	447	64	44	44	44
		55		14	56	28	4	12		43	405	66	44	42	44
		54		13	48	26	12	14		40	473	69	14	40	14

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Prouë curviligne de 50 Degrès.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route. D.	M.	Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille. D.	M.	Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent. D.	M.	Derive ou Angle de la Route, & de la Quille. D.	M.	Angle du Rumb de vent & de la Quille. D.	Raport des Vitesses.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant. D.	M.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere. D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		87	15	88	45	0		176	998	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	996	54	44	54	44
	1	170	30	83	21	86	39	0	30	170	994	55	14	54	14
		167	30	81	20	85	40	0	30	167	992	55	14	54	14
		164	30	79	20	84	40	0	30	164	984	55	14	54	14
		161	30	77	22	83	38	0	30	161	980	55	14	54	14
	2	159		75	25	82	35	1		158	976	55	44	53	44
		156		73	26	81	34	1		155	974	55	44	53	44
Vent largue.		153		71	26	80	34	1		152	970	55	44	53	44
		150		69	32	79	28	1		149	968	55	44	53	44
	3	147	30	67	38	78	22	1	30	146	958	56	14	53	14
		144	30	65	35	77	25	1	30	143	948	56	14	53	14
		141	30	62	40	77	11	1	30	140	939	56	14	53	14
		138	30	61	55	75	5	1	30	137	929	56	14	53	14
	4	136		60	3	73	57	2		134	920	56	44	52	44
		133		58	11	72	49	2		131	910	56	44	52	44
		130		56	35	71	25	2		128	901	56	44	52	44
		127		54	34	70	26	2		125	890	56	44	52	44
	5	124	30	52	47	69	13	2	30	122	881	57	14	52	14
		121	30	51	2	67	58	2	30	119	872	57	14	52	14
		118	30	48	40	67	20	2	30	116	863	57	14	52	14
		115	30	46	51	66	9	2	30	113	852	57	14	52	14
	6	113		45	54	64	6	3		110	840	57	44	51	44
		110		44	10	62	50	3		107	828	57	44	51	44
		107		42	31	61	29	3		104	816	57	44	51	44
		104	30	41	23	59	37	3	30	101	789	58	14	51	14
	7	101	30	39	17	58	43	3	30	98	778	58	14	51	14
		99		37	44	57	16	4		95	767	58	44	50	44
		96		35	59	56	1	4		92	756	58	44	50	44
		94		35	16	54	44	4		90	745	58	44	50	44
		92	30	34	33	53	27	4	30	88	735	59	14	50	14
	8	89	30	32	52	52	8	4	30	85	725	59	14	50	14
		87		31	25	50	35	5		82	694	59	44	49	44
		84		29	33	49	27	5		79	681	59	44	49	44
		81	30	28	37	47	23	5	30	76	669	60	14	49	14
	9	79		27	14	45	46	6		73	646	60	44	48	44
Vent de Bouline.		76	30	25	50	44	10	6	30	70	610	61	14	48	14
		74		24	36	42	24	7		67	604	61	44	47	44
		71	30	23	43	40	17	7	30	64	586	62	14	47	14
		69		22		39		8		61	569	62	44	46	44
	10	67		20	48	37	12	9		58	538	63	44	45	44
		64	30	19	35	35	25	9	30	55	523	64	14	45	44
		63		18	6	33	54	11		52	487	65	44	43	44
		61		17	13	31	47	12		49	464	66	44	42	44
		59	30	16	5	29	55	13	30	46	436	68	14	41	14

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Prouë curviligne de 40 Degrés.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route. D.	M.	Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille. D.	M.	Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent. D.	M.	Derive ou Angle de la Route & de la Quille. D.	M.	Angle du vent & de la Quille. D.	Raport des Vitesses.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant. M.	D.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere. M.	D.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		87	15	88	45	0		176	999	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	998	54	44	54	44
		170		83	21	86	39	0	30	170	996	55	14	54	14
	1	167		81	20	85	40	0	30	167	995	55	14	54	14
		164		79	20	84	40	0	30	164	991	55	14	54	14
		162		77	22	83	38	1		161	987	55	44	53	44
		159		75	25	82	35	1		158	983	55	44	53	44
	2	156		73	26	81	34	1		155	979	55	44	53	44
		153		71	26	80	34	1		152	971	55	44	53	44
Vent largue.		150		69	32	79	28	1		149	964	55	44	53	44
		147	30	67	38	78	22	1	30	146	957	56	14	53	14
	3	144	30	65	35	77	25	1	30	143	951	56	14	53	14
		142		62	40	77	11	2		140	943	56	44	52	44
		139		61	55	75	5	2		137	935	56	44	52	44
	4	136		60	3	73	57	2		134	928	56	44	52	44
		133	30	58	11	72	49	2	30	131	918	57	14	52	14
		130	30	56	35	71	25	2	30	128	908	57	14	52	14
		127	30	54	34	70	26	2	30	125	898	57	14	52	14
	5	125		52	47	69	13	3		122	882	57	44	51	44
		122		51	2	67	58	3		119	868	57	44	51	44
		119		48	40	67	20	3		116	857	57	44	51	44
		116	30	46	51	66	9	3	30	113	846	58	14	51	14
	6	113	30	45	54	64	6	3	30	110	835	58	14	51	14
		111		44	10	62	50	4		107	820	58	44	50	44
		108		42	31	61	29	4		104	804	58	44	50	44
		105	30	41	23	59	37	4	30	101	795	59	14	50	14
	7	102	30	39	17	58	43	4	30	98	785	59	14	50	14
		99	30	37	44	57	16	4	30	95	775	59	14	50	14
		97		35	59	56	1	5		92	749	59	44	49	44
		95		35	16	54	44	5		90	741	59	44	49	44
	8	93	30	34	33	53	27	5	30	88	733	60	14	49	14
		90	30	32	52	52	8	5	30	85	725	60	14	49	14
		88		31	25	50	35	6		82	699	60	44	48	44
		85	30	29	33	49	27	6	30	79	678	61	14	48	14
		83		28	37	47	23	7		76	658	61	44	47	44
		80	30	27	14	45	46	7	30	73	639	62	14	47	14
	9	78		25	50	44	10	8		70	620	62	44	46	44
Vent de Bouline.		75	30	24	36	42	24	8	30	67	606	63	14	46	14
		73		23	43	40	17	9		64	588	63	44	45	44
		71		22		39		10		61	560	64	44	44	44
		69		20	48	37	12	11		58	535	65	44	43	44
	10	67	30	19	35	35	25	12	30	55	502	67	14	42	14
		96		18	6	33	54	14		52	474	68	44	40	44
		65		17	13	31	47	16		49	441	70	44	39	44
		64		16	5	29	55	18		46	416	72	44	36	44

Digitized by Google

TABLE *de la Manœuvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Prouë curviligne de 60 Degrés.*

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route. D.	M.	Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille. D.	M.	Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent. D.	M.	Derive ou Angle de la Route & de la Quille. D.	M.	Angle du Rumb de Vent & de la Quille. D.	Raport des Vitesses.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant. D.	M.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer vent arriere. D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		87	15	88	45	0		176	999	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	998	54	44	54	44
		170		83	21	86	39	0	30	170	997	55	14	54	14
	1	167		81	20	85	40	0	30	167	995	55	14	54	14
		164	30	79	20	84	40	0	30	164	992	55	14	54	14
		162		77	22	83	38	1		161	989	55	44	53	44
		159		75	25	82	35	1		158	986	55	44	53	44
Vent largue.	2	156		73	26	81	34	1		155	981	55	44	53	44
		153		71	26	80	34	1		152	975	55	44	53	44
		150	30	69	32	79	28	1	30	149	969	56	14	53	14
	3	147	30	67	38	78	22	1	30	146	958	56	14	53	14
		145		65	35	77	25	2		143	948	56	44	52	44
		142		62	40	77	11	2		140	939	56	44	52	44
		139		61	55	75	5	2		137	931	56	44	52	44
	4	136	30	60	3	73	57	2	30	134	923	57	14	52	14
		133	30	58	11	72	49	2	30	131	915	57	14	52	14
		130	30	56	35	71	25	2	30	128	907	57	14	52	14
		128		54	34	70	26	3		125	900	57	44	51	44
		125		52	47	69	13	3		122	885	57	44	51	44
	5	122	30	51	2	67	58	3	30	119	870	58	14	51	14
		119	30	48	40	67	20	3	30	116	857	58	14	51	14
		117		46	51	66	9	4		113	844	58	44	50	44
	6	114		45	54	64	6	4		110	830	58	44	50	44
		111	30	44	10	62	50	4	30	107	817	59	14	50	14
		108	30	42	31	61	29	4	30	104	806	59	14	50	14
		106		41	23	59	37	5		101	794	59	44	49	44
		103		39	17	58	43	5		98	782	59	44	49	44
	7	100	30	37	44	57	16	5	30	95	770	60	14	49	14
		98		35	59	56	1	6		92	754	60	44	48	44
		96		35	16	54	44	6		90	749	60	44	48	44
		94	30	34	33	53	27	6	30	88	727	61	14	48	14
		92		32	52	52	8	7		85	707	61	44	47	44
	8	89	30	31	25	50	35	7	30	82	688	62	44	47	14
		87		29	33	49	27	8		79	670	62	44	46	44
		84	30	28	37	47	23	8	30	76	654	63	14	46	14
		82		27	14	45	46	9		73	636	63	44	45	44
Vent de Bouline.	9	80		25	50	44	10	10		70	609	64	44	44	44
		77	30	24	36	42	24	10	30	67	595	65	14	44	14
		75	30	23	43	40	17	11	30	64	571	66	24	43	14
		73	30	22		39		12	30	61	548	67	14	42	14
		72		20	48	37	42	14	30	58	518	69	14	40	14
		71		19	35	35	25	16		55	485	70	44	37	44
		70		18	6	33	54	18		52	455	72	44	36	44
		69		17	13	31	47	20		49	429	74	44	34	44

Digitized by Google

Comme nous avons besoin dans les résolutions de la plûpart des Problêmes de la Manœuvre du Sinus, des Angles & des Tangentes pour le Problême 4. nous ajoutons ici une petite Table des Sinus & des Tangentes des Dégrés : pour la commodité des personnes qui feront usage de nos Tables, dans la pratique de la Navigation.

D.	SINUS.	TANGE.	D.	SINUS.	TANGE.
1	1745	1746	90	100000	5728996
2	3490	3492	89	99985	2863624
3	5234	5241	88	99939	1908114
4	6976	6993	87	99863	1430067
5	8716	8749	86	99756	1143005
6	10453	10510	85	99619	951436
7	12187	12278	84	99452	814435
8	13917	14054	83	99255	711537
9	15643	15838	82	99027	631375
10	17365	17633	81	98769	567128
11	19081	19439	80	98481	514455
12	20791	21256	79	98163	470463
13	22495	23087	78	97815	433148
14	24192	24933	77	97437	401078
15	25882	26795	76	97030	373205
16	27564	28675	75	96593	348741
17	29237	30573	74	96126	327085
18	30902	32492	73	95630	307768
19	32557	34433	72	95106	290421
20	34202	36397	71	94552	274748
21	35837	38386	70	93969	260509
22	37461	40403	69	93358	247509
23	39073	42447	68	92718	235585
24	40674	44523	67	92050	224604
25	42262	46631	66	91355	214451
26	43837	48773	65	90631	205030
27	45399	50953	64	89879	196261
28	46947	53171	63	89101	188073
29	48481	55431	62	88295	180405
30	50000	57735	61	87462	173205
31	51504	50086	60	86603	165428
32	52992	62487	59	85717	160033
33	54464	64941	58	84805	153986
34	55919	67451	57	83867	148256
35	57358	70021	56	82904	142815
36	58779	72654	55	81915	137638
37	60181	75355	54	80902	132704
38	61566	78129	53	79864	127994
39	62932	80978	52	78801	123490
40	64279	83910	51	77715	119175
41	65606	86929	50	76604	115037
42	66913	90040	49	75471	111061
43	68200	93252	48	74314	107237
44	69466	96569	47	73135	103553
45	70711	100000	46	71934	100000
			45	70711	

Digitized by Google

Pl. 5.

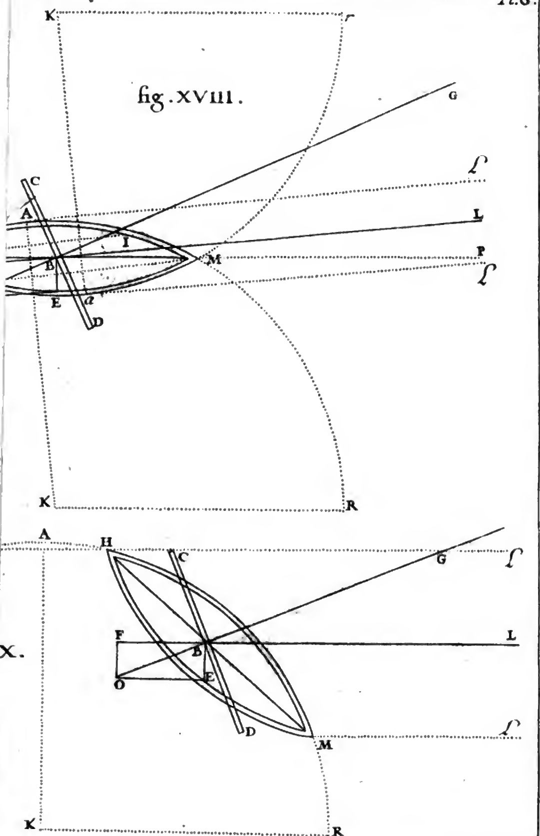
fig. XV.

fig. XVI.

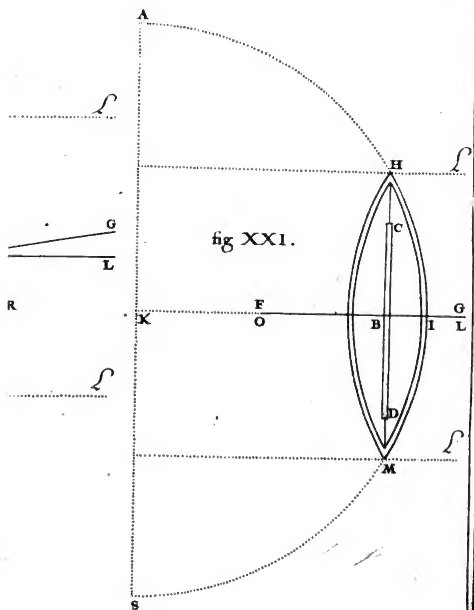
fig. XVII.

Digitized by Google

Digitized by Google


Pl. 6.
fig. XVIII.
K
r
G
C
A
I
L
B
M
P
E
a
D
K
R
A
H
C
G
F
B
L
X.
O
E
D
M
K
R

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

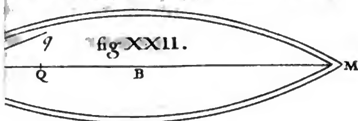


fig XXIII.

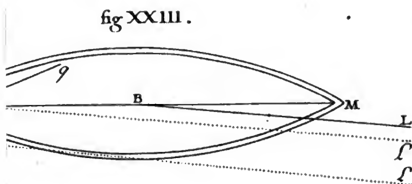


fig XXIV.

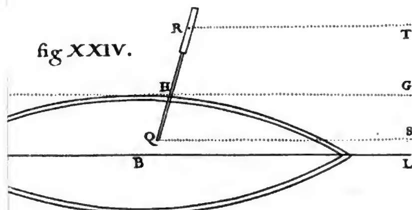


fig XXVII.

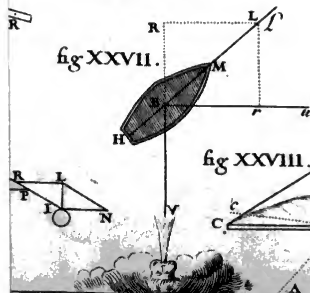
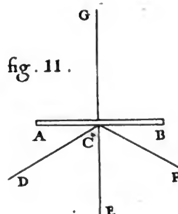


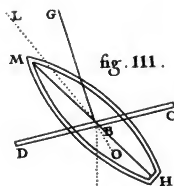
fig XXVIII.

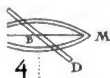


Digitized by Google

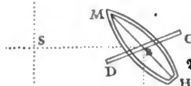
Digitized by Google

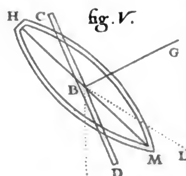










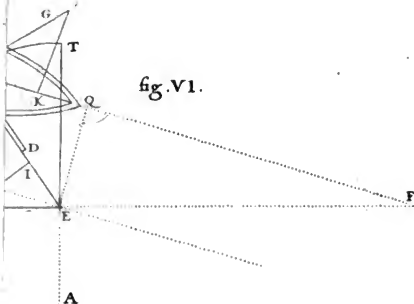


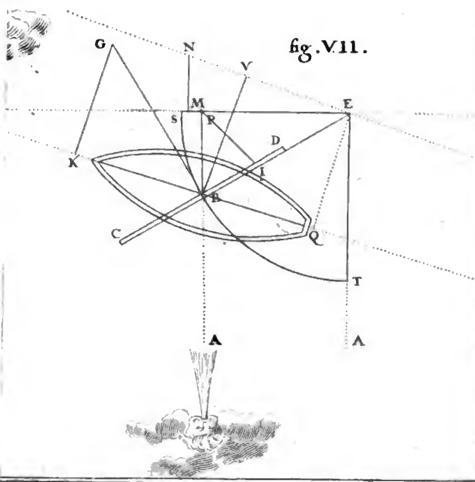




Digitized by Google

Digitized by Google





Digitized by Google

Digitized by Google

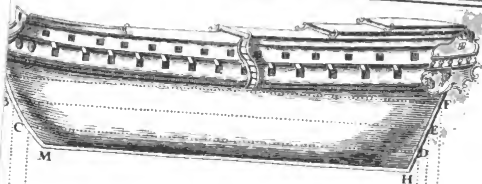


fig. VIII.

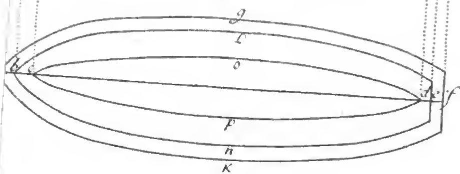
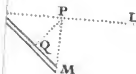


fig. IX.



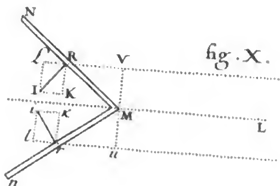
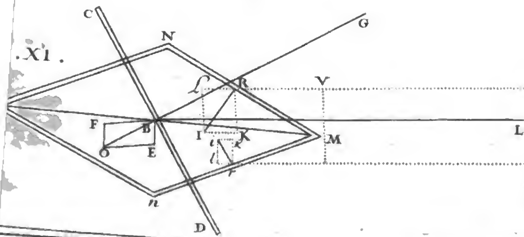


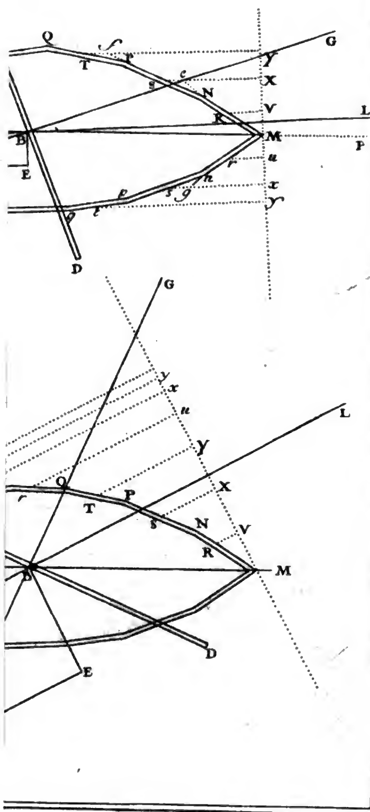
fig. X.

.XI.



Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google